MBL/WHOI
0 0301 0016072 7

45.-2
tg 804

Beiträge

zur

Histologie der Echinodermen.

Heft 3.

Anatomie und Histologie

der

Echiniden und Spatangiden.

Von

Dr. Otto Hamann,

Dozent an der Universität, Assistent am zool. Institut in Göttingen.

Mit 13 Tafeln und 2 Holzschnitten.

Jena,

Verlag von Gustav Fischer.

1887.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Specieller Teil.

I. Abschnitt.
Die regulären Seeigel.

Kapitel 1.
Die äufseren Anhänge der Körperwand.

Die Pedizellarien 5

a) Die gemmiformen Pedizellarien von Sphaerechinus granularis, Echinus acutus 6

b) Die tridactylen Pedizellarien von Centrostephanus longispinus 15

c) Die buccalen Pedizellarien von Sphaerechinus granularis und Dorocidaris papillosa 17

d) Die trifoliaten Pedizellarien 18

Mechanismus und Funktion der Pedizellarien 19

Die Globiferen 22

Centrostephanus longispinus 22

Sphaerechinus granularis 25

Die Globiferen und die Pedizellarien 27

Die Stacheln 28

Dorocidaris papillata 28

Sphaerechinus granularis 30

Die rotirenden Dorsalstacheln von Centrostephanus longispinus 31

(Sphäridien und Ambulacralfüßchen unter Nervensystem, Kiemen unter Wassergefäßsystem.)

Seite

Kapitel 2.
Das Nervensystem.

Allgemeine Anordnung und feiner Bau desselben . 33
Die Ocellarplatten mit den Fühlern und die Ambulacral-Nervenstämme 38
Der basale Nervenring der Stacheln 41
Die Sinnesorgane.
Ambulacralfüßchen 42
a) Tastfüßchen oder Flagella 42
b) Mundfüßchen 46
c) Saugfüßchen 49
Das Nervensystem im Darmtractus 55
Die Sphäridien und ihr basaler Ringnerv 56
Nervenzüge und Ganglienzellen in den Pedizellarien . . 58
Sinnesorgane der Pedizellarien.
a) P. gemmif. von Sphaerech. granul. 60
b) P. gemmif. von Echinus acutus 62
c) P. gemmif. von Strongylocentrotus lividus 63

Kapitel 3.
Das Wassergefäßsystem.

Madreporenplatte und Steinkanal 64
Wassergefäß-Ringkanal und die von ihm sich abzweigenden Kanäle 66
Die Respirationsorgane 69
Die Lungen auf dem Kauapparat. 69
Die Ambulakralkiemen 72

Kapitel 4.
Die Bluträume.

Die Anordnung derselben 74
Der feinere Bau 77
Die Blutflüssigkeit und Zellen 78
Der Schizocoelraum am After und der orale Blutlakunenring 79
Die radiären Schizocoelbildungen 82
Längskanäle der ambulacralen Nervenstämme 82

Kapitel 5.
Das drüsige Organ (sog. Herz).

Arbacia postulosa 85
Sphaerechinus granularis 87

Seite

Die Zellen des Enterocoels, Wassergefäßsystems und der Bindesubstanz 90

Kapitel 6.
Der Darmtractus.

Schlund 91
Magen 93
Dünndarm und Nebendarm 94

Kapitel 7.
Die Geschlechtsorgane.

Bau derselben 96

Kapitel 8.

Die Bindesubstanz (Ligament in den Pedizellarien u. s. w.) 99
Die Muskulatur, glatte und quergestreifte 102

II. Abschnitt.
Die irregulären Seeigel.

Kapitel 1.
Die äufseren Anhänge der Körperwand.

Die pinselförmigen Sinnesfüßchen 109
Die Rosettenfüßchen von Spat. purp. 113
Die Saumlinien (Fasciolen s. Semiten) 114

Kapitel 2.
Das Nervensystem.

Centralnervensystem 115
Periphere Nerven, Hautnerven, ihre Lagerung und Ursprung, ihr Verlauf in den Saumlinien, Bau des Körperepithels 118
Die Nervenzüge im Darmtraktus 120

Kapitel 3.
Das Wassergefäfssystem und die Blutlakunen.

Einleitung 120
Der Ringkanal und der orale Blutlakunenring, sowie die von beiden abgehenden Kanäle, Wassergefäss und ventrale Darmlakune 122
Der Verlauf der beiden letztgenannten Kanäle (Spatang purp.) 124
Der feinere Bau des aus beiden hervorgegangenen Gefäßgeflechtes 127

Seite

Der Bau der Drüse und der Verlauf des Gefäßgeflechtes an derselben 128
Die Madreporenplatte, der Steinkanal und der Schizocoel-Sinus am Scheitelpol 130
Die Blutlakunen des Scheitelpoles, ihr Zusammenhang mit der Drüse, sowie die Blutlakunen der Geschlechtsorgane 132
Der Bau der Drüse von Brissus unicolor 134
Die Blutlakunen des Darmtraktus 135
Geschichtliche Notiz 136

Kapitel 4.
Die Geschlechtsorgane.

Die äußeren männlichen Geschlechtspapillen . . 138
Die weiblichen Geschlechtspapillen 140

Kapitel 5.
Der Darmtractus.

Schlund und Dünndarm 141
Nebendarm 144

Allgemeiner Teil.

Kapitel 1.
Zur Phylogenie der Echinodermen.

Ihr Ursprung 146
Crinoiden und Asteriden 147
Asteriden und Echiniden, die Verwandtschaftsverhältnisse zwischen beiden Gruppen . . . 150
Das Nervensystem 150
Die Fühler und Augenflecke 152
Die blutführenden Räume (Schizocoelräume) 153
Das Wassergefäßsystem 156
Die Körperwand-Muskulatur 156
Welche Bildungen hat man bei den Echinodermen als blutführende Räume anzusehen? 157

Kapitel 2.

Zusammenfassung der Haupt-Resultate 162

Tafelerklärung 166

Einleitung.

Nach länger als zweijähriger Arbeit kann ich diesen dritten Teil meiner Studien zur Histologie der Echinodermen, welcher die regulären wie irregulären Seeigel behandelt, veröffentlichen. Wenn ich trotz anderweitiger Pflichten als Assistent immer noch genügende Zeit fand, um diese Arbeiten zu fördern, so verdanke ich das besonders meinem Chef, Professor Ehlers, dem ich hierfür sehr verpflichtet bin.

Auch diese „Echiniden-Anatomie und Histologie" lasse ich unter demselben Titel erscheinen, welchen die vorhergehenden Hefte tragen. War es aber schon bei Holothurien und Asteriden unmöglich, die Histologie allein zu berücksichtigen, so gilt dies in noch viel höherem Maße von den Echiniden. Ich war zunächst gezwungen, die Anatomie dieser Gruppe ausführlich zu untersuchen und dann erst dem feineren Bau mich zuzuwenden. Daß ich dabei auf histologische Feinheiten mich nicht einlassen konnte, ist selbstverständlich.

Wenn man bedenkt, daß das Nervensystem bisher nur in seinen Hauptstämmen bekannt war, und nur das Vorhandensein von peripheren Nerven so zu sagen mehr erschlossen war als durch Untersuchungen festgestellt, und daß Sinnesorgane nur auf einer Pedizellarienform vermutet wurden (Koehler), die zu ihnen gehörigen Nerven aber unentdeckt geblieben waren, so werden die Resultate über die peripheren Nerven geeignet sein, eine große Lücke auszufüllen. Die Summe der Sinnesorgane, welche ich zu beschreiben habe, ist eine große. Da nun dieselben fast sämtlich nicht in der Körperhaut sich befinden, sondern auf den Anhängen derselben liegen, vorzüglich den Pedizellarien, so war es natürlich, daß diese Anfangsorgane der Körperwand bei Echiniden wie Spatangiden genauer untersucht werden mußten. Die von

mir aufgefundenen als Waffen funktionierenden Organe, die ich Globiferen benannt habe, wurden bei dieser Gelegenheit entdeckt.

Vor allem war die Frage nach dem Zusammenhang des Blutlakunensystems mit dem Wassergefäßsystem ihrer Lösung entgegenzuführen, und denke ich, daß ihre Trennung, wie sie bei Echiniden besteht, und ihre Verschmelzung, wie es bei den Spatangiden der Fall ist, nunmehr als endgültig festgestellt gelten darf, zumal schon Koehler in vielen Punkten zu den gleichen Resultaten gekommen war. Im übrigen sind sämtliche Organsysteme möglichst gleichmäßig untersucht worden, so daß ein gewisser Abschluß erreicht werden konnte. Das Material, das mir zur Untersuchung vorlag, sammelte ich teilweise selbst während eines Aufenthaltes in der zoologischen Station zu Neapel in den Sommerferien 1885, teilweise wurde es mir in vorzüglich konserviertem Zustand von Lo Bianco Salvatore, dem vielgerühmten Präparator der Station, zugeschickt. Ihm, wie der Station selbst schulde ich ganz besonderen Dank für das öftere und so schnelle Zustellen des gewünschten Materials.

Soweit es anging, beobachtete ich in Neapel am lebenden Tiere besonders die äußeren Organe, aber auch das Nervensystem, die quergestreifte Muskulatur u. s. w.

Die Konservierungsmethoden, die zur Verwendung kamen, waren die jetzt gebräuchlichen. Für die Anhangsorgane der Körperwand habe ich mit gutem Erfolge Flemming's Chrom-Osmium-Essigsäure-Gemisch gebraucht. Sonst wurde meist Chromsäure verwendet, und zwar besonders bei jungen und kleinen Tieren. Hier konservierte und entkalkte dieselbe in wenigen Stunden den ganzen Seeigel. Die mit starkem Alkohol konservierten Seeigel wurden nachträglich entkalkt, indem kleine Stücke in 0,3prozentiger Lösung tagelang verweilen mußten, um dann etwa 12 Stunden ausgewaschen zu werden. Solche Präparate färbten sich selbst mit Hämatoxylin sehr gut. Weniger gut waren die in Salzsäure oder einem Gemisch von Chrom-Salpetersäure entkalkten Stücke. Chromsäure greift die Gewebe noch am wenigsten an. Pedizellarien wurden auch unentkalkt oder in dem Zustand, in dem sie nach Behandlung mit Flemming's Lösung waren, geschnitten. Vor dem Färben müssen sie selbstverständlich lange und sorgfältig ausgewaschen sein.

Von Färbemitteln habe ich meist die Karminlösungen benutzt und nur bei der Untersuchung des drüsigen Organes von der

Behandlung mit Anilinfarben (Saffranin, Methylgrün, Anilingrün u. s. w.) Vorteil gehabt. In den anderen Fällen sah ich das, worauf es ankam, auch nach Karminbehandlung, und so lag kein Grund vor, außer der Kontrollfärbung von Hämatoxylin noch weitere zu versuchen.

Nach der Behandlung mit absol. Alkohol wurden die Präparate mit Bergamottöl oder Xylol aufgehellt, Paraffin eingebettet und nach dem Schneiden mit Xylol entfettet und in Kanadabalsam, welchem Xylol zugesetzt war, eingebettet. Xylol ist den übrigen Flüssigkeiten, wie Terpentin, Chloroform, Nelkenöl u. s. w., vorzuziehen.

Im allgemeinen Teil dieser Arbeit bin ich auf einige phylogenetische Fragen eingegangen, ohne jedoch die Phylogenie der Echinodermen etwa im Zusammenhang darzulegen. Dies sei dem Schlußheft dieser Studien vorbehalten.

Von regulären Seeigeln standen mir zu Gebote: Sphaerechinus granularis A. Ag., Strongylocentrotus lividus Brd., Centrostephanus longispinus Pet., Arbacia pustulosa Gray, Dorocidaris papillata A. Ag., Echinus acutus Lam., Echinus melo Lam., Echinus microtuberculatus Blainv.; von irregulären: Spatangus purpureus Leske, Echinocardium mediterraneum Gray, Brissus unicolor Klein.

Spezieller Teil.

I. Abschnitt.

Die regulären Seeigel.

Zur Orientierung über die Lagerung einzelner Organsysteme im regulären Echinidenkörper diene Figur 1 auf Tafel 1. Diese Figur giebt einen Vertikalschnitt wieder, welcher durch die Mitte der Körperscheibe gelegt ist.

Die Körperwand, welche im Verhältnis zur großen und geräumigen Leibeshöhle einen geringen Durchmesser besitzt, setzt sich aus dem Hautepithel, der Cutis und dem Cölomepithel zusammen. Auf ihr sind die verschiedensten, in dieser Figur nicht eingezeichneten äußeren Körperanhänge, wie Stacheln, Füßchen, Pedizellarien u. s. w., angebracht; in ihr, und zwar in der Cutis, der Bindesubstanzschicht, werden die Skelettteile abgeschieden, die als Skelettplatten die feste Schale bilden und an bestimmten Stellen durchbohrt sind, so in den Genitalplatten, den Intergenital- (Ocellar-) Platten, im Peristomfeld durch die fünf Kiemenbäumchen und vor allem auf den fünf Paaren der Ambulacralplatten. Durch diese Poren wird eine Kommunikation hergestellt zwischen dem äußeren Medium, dem Meerwasser, und den inneren Organen (Steinkanal-Wassergefäßsystem); oder zwischen den Organen der Haut mit im Innern der Schale gelegenen Organsystemen (Füßchen-Wassergefäßsystem, Kiemen-Leibeshöhle); oder aber zwischen der Epidermis und dem Nervensystem, indem die Nervenäste die durch die Poren zu den Füßchen ziehenden Wassergefäßäste begleiten, oder aber, wie in den Intergenitalplatten, in dem Hautepithel enden (Fühler).

In der Mitte der Ventralfläche befindet sich die Mundöffnung, welche in den Schlund führt, der seinerseits umschlossen wird von dem Kauapparat (Laterne des Aristoteles). Dieser füllt auf unserer Figur (junger Echinus acutus) einen großen Teil der Leibeshöhle aus und reicht bis beinahe zur Dorsalfläche hinauf. Vom Darm-

tractus ist der Dünndarm mit dem Nebendarm, mehrmals quer durchschnitten, rechts und links von dem Kauapparat zu erkennen.

Auf der linken Seite der Figur ist der Schnitt durch ein Ambulacrum gegangen und ist der Verlauf eines ambulacralen Nervenstammes vom Fühler auf der Intergenitalplatte bis zum Schlunde zu verfolgen. Rechts und links von letzterem liegt der durchquerte Nerven- oder Gehirnring.

Da, wo der Darm den Kauapparat verläßt, liegt oben der Blutlakunenring, sowie der Wassergefäßring an, von welch' letzterem ein ambulacrales Wassergefäß (auf der linken Seite der Figur) abgeht, um außen am Kauapparat herabzulaufen und nach innen vom ambulacralen Nervenstamm bis zur Intergenitalplatte zu ziehen, wo es blind endet.

Auf der dorsalen Körperwand ist in die Leibeshöhle hervorragend ein Geschlechtsorgan *GO* in der Entstehung begriffen.

Kapitel I.

Die äufseren Anhänge der Körperwand.

Die Pedizellarien.

Die verschiedenen Pedizellarien, welche sich auf der Oberfläche eines Echinidenkörpers finden können, sind seit langer Zeit in einzelne Gruppen eingeteilt worden.

Valentin [1]) unterschied vier Arten von Pedizellarien, P. ophiocéphales, tridactyles, gemmiformes und trifoliés. Der ersten Art entsprechen die P. triphylla, der zweiten die P. tridens, der dritten die P. globifera von O. F. Müller [2]).

Die Einteilung des erst genannten Forschers empfiehlt sich auch heute noch beizubehalten und unterscheide ich demnach:

1. Pedizellariae gemmiformes, mit Kalkstiel, welcher bis zur Basis der drei kurzen, linsenförmigen, dicken Greifzangen reicht.
2. Pedizellariae tridactyli, mit Kalkstab nur bis zur Hälfte des Stieles reichend, mit drei langen, schmächtigen Greifzangen.

---

1) Valentin, Anatomie du genre Echinus, Neuchatel 1842, 4°. Livraison des Monographies des Echinodermes.

2) Müller, Zoologia Danica 1788.

3. Pedizellariae ophiocephali, seu buccales, mit Kalkstab, welcher nur einen geringen Teil des Stieles durchzieht, mit löffelförmigen, gezähnten Greifzangen.
4. Pedizellariae trifoliatae, mit Kalkstab, welcher sich in dem basalen Teil des Stieles findet, mit drei blattähnlichen kleinen Greifzangen.

Es lassen sich ohne Mühe alle bekannten Pedizellarien in eine dieser drei Gruppen einreihen. Die drei ersten Gruppen können in jeder Greifzange Drüsen besitzen.

Ein französischer Forscher, Koehler[1]), hat neuerdings bei Schizaster canaliferus L. Ag. und Des. Pedizellarien mit vier Zangen beschrieben, welche er P. tetradactyles bezeichnet. Es handelt sich hier wohl um eine Varietät der zweiten Art, welcher diese P. tetrad. im Habitus gleichkommen.

Die gemmiformen Pedizellarien.

Sphaerechinus granularis Ag.

Percy Sladen[2]) hat zuerst unsere Aufmerksamkeit auf die eigentümlich gebauten Pedizellarien dieser Art gelenkt. Den feineren Bau der von diesem Forscher aufgefundenen Drüsen hat Foettinger[3]) genau geschildert, ohne jedoch frisches Material zu besitzen. Ich kann seiner Schilderung in fast keinem Punkte zustimmen.

Die gemmiformen Pedizellarien sind bis einen Centimeter und darüber lang. Etwa zu halber Höhe des Stieles, welcher den dicken Kopf trägt, liegen drei Drüsen als länglich ovale, eiförmige Körper in die Augen fallend. Ich bespreche zunächst den Kopfteil mit den Zangen und hierauf die Stieldrüsen.

Untersucht man frisch eine lebende Pedizellarie, und zwar, wenn die drei Zangen nach außen auseinandergeklappt sind, so erkennt man schon bei Lupenvergrößerung, daß in jeder Zange ein großer Drüsensack liegt, welcher nach dem Ende zu sich in zwei konvergierende Aste gabelt, welche zugleich an ihrer Mündung

1) Koehler, Recherches sur les Echinides des cotes de Provence, in: Annales du musée d'histoire naturelle de Marseille. Zoologie, T. 1. 1883.

2) Sladen, P., On a remarcable form of Pedicellaria etc. in: Ann. and Mag. of N. H. 5. Ser. Vol. 6. 1880. pag. 101.

3) Foettinger, Sur la structure des Pedicellariae globiferae de Sphaerechinus granularis et d'autres Echinides, in: Arch. de Biologie v. van Beneden, V. 2. 1881. p. 455.

die Öffnungen für das Sekret tragen. Die Trennung jedes Drüsensackes geht oft ziemlich weit bis in das Innere desselben hinein, und ein Vergleich mit den gemmiformen Pedizellarien anderer Arten wird uns lehren, daß wir hier zwei mit ihrem hinteren Teile verschmolzene Drüsensäcke vor uns haben. — Unterhalb der Mündung des Drüsensackes ragt das krumme, hakenförmig zugespitzte Ende des in jeder Klappe befindlichen Kalkgerüstes hervor.

Weiter fallen auf der Innenseite jeder Zange, da, wo sie miteinander in Verbindung stehen, weiße farblose Höcker auf, die wie mit hellen Papillen übersät erscheinen. Diese Höcker sind Sinnesorgane. Weiter unten sind dieselben näher beschrieben worden.

Figur 1 auf Tafel 2 giebt einen Längsschnitt durch eine solche Pedizellarie wieder. Sowohl die Drüsensäcke des Kopfes als auch die des Stieles sind der Länge nach durchschnitten. Mit *TH* sind die Sinnesorgane bezeichnet. Das allgemeine Körperepithel überzieht sämtliche Einzelteile der Pedizellarie und bietet nichts Bemerkenswertes. Nur da, wo die Öffnungen der Drüsensäcke sich finden, und in den Sinnesorganen ist es von besonders zu besprechender Bildung.

Die Bindesubstanz, in welcher die Drüsensäcke, die Muskulatur der drei Zangen und das knopfförmig angeschwollene Ende des Kalkstieles (*km*), sowie die Nervenzüge eingelagert sind, enthält in großer Anzahl die sichelförmigen Kalkkörper. Besonders an den Spitzen der drei Zangen sind sie zahlreich angehäuft.

Der Bau der Drüsensäcke mit ihren Zellen ist schwer zu erforschen, da dieselben ungemein hinfälliger Natur sind. Dann kommt hinzu, daß die Zellen nicht senkrecht auf der Basalmembran aufsitzen, sondern in einem Winkel gegen dieselbe gerichtet stehen, und man auf Längsschnitten immer nur einen geringen Teil der Zellen in ihrer ganzen Länge trifft. Die ungemein langen, cylinderförmigen Zellen (Fig. 3) zeigen einen basalstehenden Kern von Plasma umgeben. Der ganze übrige Zellteil wird von einem großmaschigen Netzwerk durchzogen, das bei Färbung mit Hämatoxylin und Behandlung mit chromsaurer Kalilösung [1]) deutlich zu Tage tritt. In den Maschen trifft man auf Körnchen, Sekretkügelchen, oder aber der freie Endteil der Zellen ist von einer fein granulirten Schleimmasse erfüllt, die auch das Centrum jedes Drüsensackes erfüllen kann und fast stets an den Öffnungen desselben angehäuft

1) Heidenhain, Eine neue Verwendung des Hämatoxylin, in: Archiv f. mikroskop. Anatomie. Bd. 24. 1885.

angetroffen werden kann, wie denn auch alle Objekte, die von solchen Pedizellarien ergriffen und festgehalten werden, immer von einer schleimigen Masse umhüllt werden, wie dies bereits Sladen[1]) beobachtet hat.

Ob diese Inhaltszellen der Drüsensäcke bei der Sekretbildung zu Grunde gehen, wie Foettinger meint, der den Inhalt jeder Drüse aus Zellen von unregelmäßiger Gestalt kompakt angefüllt sein läßt, muß ich bezweifeln. Denn alle Präparate, welche mir derartig zu deutende Bilder zeigten, muß ich für Kunstprodukte erklären. (Alkoholbehandlung mit nachheriger Karmin- oder Anilinfärbung.)

Auf die Basalmembran folgt eine Muskulatur, die ungemein stark entwickelt erscheint. Sie besteht aus mehr als drei oder vier Lagen von Muskelfasern, welche parallel zu einander angeordnet sind und auf den einzelnen Drüsensäcken einen cirkulären Verlauf zeigen. Diese glatten Fasern zeigen den gewöhnlichen Bau. Der länglich ovale Kern liegt der Oberfläche auf.

Was die übrige Muskulatur des Kopfes dieser Pedizellarien anlangt, so sind die drei stark entwickelten Muskelbündel zu nennen, welche die drei Zangen gegen einander bewegen und an den basalen Endplatten der Kalkzangen inserieren, sowie die bis jetzt wohl noch unbekannte Muskulatur, mit Hilfe deren der Kopfteil auf dem Stiele nach jeder Seite geneigt werden kann. Diese Muskulatur besteht aus kurzen, dicken Fasern, welche mit ihren kompakten Enden an den Kalkplatten im Kopf und anderseits an der Endanschwellung des Stieles inserieren. Sie sind in einem Kreis angeordnet, wie Querschnitte durch diesen Teil der Pedizellarie lehren (Fig. 1 M. flexores).

Die Nervenzüge, welche zur Muskulatur und den Sinnesorganen ziehen, sind sämtlich in der Bindesubstanz gelagert. Im Stiel trifft man sie oft unterhalb der Basalmembran des Epithels, meist aber verlaufen sie mehr im centralen Teile derselben. Die einzelnen Nervenzüge, welche in den Kopf eintreten, sind in verschiedener Anzahl bei verschiedenen Exemplaren vorhanden. Man wird der Wahrheit nahe kommen, wenn man ihre Zahl zwischen acht und fünfzehn annimmt.

Unmittelbar nach ihrem Übertritt in den Kopfteil verzweigen sie sich in mannigfaltiger Weise. Zu dem Rosettenmuskel (M. flexo-

---

1) Sladen, P., On a remarcable form of Pedicellaria etc. Ann. and Mag. of N. H. 5. Ser. Vol. 6. 1880. pag. 101.

res), wie ich die kreisförmig angeordneten Bündel nennen will, treten starke Züge, weiter zu den drei Zangenmuskelbündeln (M. adductores), zwischen denen man die einzelnen Fasern verfolgen kann, bis zu ihrer Verschmelzung mit den Muskelfibrillen.

Konstant trifft man aber drei große Nervenzüge an, welche zu den drei oben erwähnten auf der Innenfläche der Zangen liegenden Sinnesorganen führen. Diese drei Nervenzüge verlaufen zwischen je zwei Muskelbündeln bis zur Basis der Sinnesorgane, hier durchsetzen sie die starke Basalmembran und lösen sich auf in ein Geflecht von feinsten Fasern.

Von jedem dieser Nervenfasergeflechte geht ein starker Nervenzug nach der Spitze jeder Greifzange ab und tritt an die hier stehenden Sinneszellen heran.

Außer diesen konstant von mir beobachteten Nervenzügen sind noch kleinere Nervenzüge in der Bindesubstanz vorhanden, welche zwischen Epithel und innerer Drüsenwand liegen. Sie besitzen nur nicht die Stärke der eben beschriebenen. (Über den feineren Bau dieser Nervenzüge siehe das Kapitel über die peripheren Nerven.)

Die Sinnesorgane selbst, die als Tasthügel bezeichnet werden können, sind unten in dem Kapitel über die Sinnesorgane geschildert worden. —

Ich wende mich nun zu den drei Stieldrüsensäcken. An der lebenden Pedizellarie sieht man auf jedem derselben einen pigmentfreien Fleck, dies ist die Öffnung, welche in ihrer Lage aus Figur 1 Tafel 2 zu ersehen ist (*O*).

Der Bau der drei Stieldrüsen ist vollkommen übereinstimmend mit dem der Globiferen. Auch bei den Stieldrüsen dringt bei Reizung durch die Öffnung ein feinkörniger Schleim hervor, welcher in Wasser wie Alkohol sofort gerinnt und sich mit Karmin nur gering tingiert, mit Methylgrün hingegen eine tief dunkelgrüne Färbung erhält. Auf Schnitten bot sich mir dasselbe Bild, wie bereits bei den Globiferen geschildert wurde. Die Drüsenzellen sind unregelmäßig geformte Gebilde, deren ovale Kerne von der nur geringen Zellsubstanz umgeben wird. Die Zellen, welche Grenzen zu einander nicht zeigten, sind deutlich gegen das den ganzen Innenraum des Drüsensackes ausfüllende feinkörnige Sekret abgesetzt. Auf die Basalmembran folgt eine Schicht koncentrisch verlaufender glatter Muskelfasern, welche die Ausstoßung des Sekretes nach außen besorgt. Die Bindesubstanz, in welche die Drüsen eingebettet liegen, ist nur von sehr geringer Entwicklung.

Da, wo sich die Öffnungen befinden, ist das Außenepithel durch größere, sich tiefer tingierende Zellen ersetzt, welche ringförmig um die Öffnung angeordnet sind.

Die Öffnung der Kopfdrüsen

ist weder von Foettinger noch von Köhler gefunden worden. Daß aber eine solche vorhanden sein muß, setzen beide Forscher voraus, da sie sich nicht anders das Hervordringen des Sekretes erklären können. Ich habe sowohl bei dieser Art wie bei allen Echiniden, welche gemmiforme Pedizellarien besitzen, die Mündung der Drüsen angefunden und zwar sowohl durch Schnittserien als auch bei einigen bereits an der lebenden Pedizellarie (so bei der einen Pedizellarienform von Dorocidaris, s. weiter unten).

Die Mündung der Drüsen liegt bei allen untersuchten Pedizellarien dorsalwärts von der Kalkspitze, also an einer Stelle, wo man sie sicher nicht erwarten würde, denn man sucht sie weit eher unterhalb derselben, also ventralwärts auf der Innenseite jeder Greifzange.

Um die Verschmelzung der beiden oben genannten gabelförmigen Endschläuche jeder Drüse und ihre endliche Mündung zu sehen, sind Schnitte erforderlich, deren Ebenen senkrecht stehen zur Längsachse der hakenförmig gekrümmten Kalkspitzen und diese durchqueren. Verticale Längsschnitte ergänzen die ersteren. Ein Schnitt, welcher senkrecht und quer durch das Ende einer Greifzange geführt ist, zeigt folgendes. (Fig. 4, Taf. 2.) Dorsalwärts ist das Epithel verdickt und in Wülste gelegt; unterhalb desselben sind zwei Hohlräume getroffen, welche im Inneren ein Sekret tragen und in denen ein Epithel erkennbar ist. Unterhalb derselben ist die Kalkspitze durchschnitten, welche in der Bindesubstanz liegt. Vergleicht man nun die Schnitte, welche weiter nach der Spitze zu führen, so erkennt man wie die beiden Hohlräume — die auf dem Querschnitt getroffenen beiden Endäste jeder Drüse — endlich miteinander zu einem Hohlraum verschmelzen, welcher auf beiden Seiten die Kalkspitze umgreift. Der Längsschnitt in Fig. 5, Taf. 2 zeigt uns dieses Bild ergänzend den weiteren Verlauf bis zur Mündung.

---

1) Foettinger, a. o. O.

2) Koehler, Recherches sur les Échinides des côtes de Provence, Marseille 1883, pag. 24. —

Mit (*K*) ist die Kalkspitze bezeichnet, oberhalb derselben, auf der Dorsalfläche ist ein Drüsenausführgang durchschnitten (*Dr*), und seine Mündung *O* zu sehen. Die Wandung des Ausführganges wird von einer festen, stark lichtbrechenden, chitinähnlichen Substanz gebildet. Das Körperepithel ragt bis zur Mündung, kann aber öfter abgestossen sein, wie es auch an dem freien Ende der Kalkspitze der Fall ist, an welchem selten noch der dünne Epithelbelag bis zur Spitze erhalten ist. Dieselbe Art und Weise in der Verschmelzung der Endäste jeder Drüse (oder besser jedes Drüsenpaares) und schließliche Ausmündung findet sich bei den gemmiformen Pedizellarien von Echinus acutus, Doroci daris papillata, Strongylocentrotus lividus vor.

Echinuus acutus, Lam.

Die gemmiformen Pedizellarien dieser Art besitzen lange Stiele (6 mm), und zeichnet sich der Kopfteil durch seine auffallende Dicke aus. Die Länge desselben ist am Spiritusexemplar etwa 1,5 mm.

Der Bau dieser Pedizellarien ähnelt ungemein den Verhältnissen, wie ich sie bei den gleichen Gebilden von Sphaerech. granularis geschildert habe, nur fehlen bei unserer Form die drei Stieldrüsen, und es finden sich drei Kopfdrüsensäcke, welche jedoch aus ursprünglich sechs getrennten Drüsensäcken entstanden sind, wie das Verhalten ihrer Öffnungen zeigt. Jeder der drei Drüsensäcke verjüngt sich nach der Spitze der Pedizellarie zu. Etwa bis in halber Höhe teilt sich jeder Drüsensack dichotomisch in zwei sich mehr und mehr verjüngende Schläuche, welche am Ende der Pedizellarie, da wo die Kalkspitze aus der Bindesubstanz hervortritt, konvergieren und zu einem Ausführgang verschmelzen, welcher dorsalwärts verläuft und oberhalb des Stachels mündet. So wird auch hier das Sekret der Drüsen dorsalwärts von der Kalkspitze entleert. — Auf einem Längsschnitt, wie Figur 1 auf Tafel 5 einen solchen wiedergiebt, sieht man zunächst die eine Drüse der Länge nach halbiert, im Inneren Sekretmasse gelagert. Die zwei Schläuche und deren Verschmelzung kann nur auf Schnitten beobachtet werden, welche tangential zur Rückenfläche einer der drei Zangen der Pedizellarie geführt sind.

Auf der Innenseite jeder Zange fallen eigentümliche Organe auf, die mit TH^1 und TH^2 in der Figur 1 bezeichnet sind. Es

sind das Sinnesorgane, welche sämtlich in ihrem Bau übereinstimmen. Außerdem treten zwischen ihnen Stellen im Epithel auf, welche sich durch ihre Zellen unterscheiden und welche ebenfalls als Sinnesorgane zu deuten sind, da Nervenzüge zu ihnen herantreten.

Die Nerven, welche sich in den gemmiformen Pedizellarien dieser Art finden, sind von ungemein starker Entwicklung. Ihr Verlauf, wie sich mir derselbe unter Vergleichung einer großen Anzahl von Schnittpräparaten darstellte, ist bei den einzelnen Individuen ein übereinstimmender. In dem Stiel steigen eine Menge Nervenzüge, welche voneinander getrennt verlaufen, empor zu den Köpfchen. Da wo der Rosettenmuskel (M. flexor.) liegt, gehen Nervenfasern zu diesem ab; der größte Teil der Nervenzüge jedoch, soweit er nicht direkt zu den Drüsensäcken zieht, formiert sich zu drei starken Nervenstämmen, welche zwischen den Interstitien von je zwei der drei Zangenmuskeln (M. adduct.) emporsteigen. Hier verzweigen sie sich in mannigfacher Weise. Ihre Ganglienzellen treten miteinander in Verbindung und senden ihre Fortsätze in die Fasern der Zangenmuskeln hinein. Teilweise kann sich hier jeder Nervenstamm zu einem Netzwerk auflösen, welches bei Färbung mit neutraler Karminlösung und nachfolgender Hämatoxylinfärbung sich scharf unterscheidet von der umgebenden Bindesubstanz mit ihren Zellen und Fasern.

Im weiteren Verlauf schwindet jedoch das Netzwerk mehr und mehr, und zur halben Höhe der Muskulatur formieren die Nervenfasern wieder einen etwa 0,074 mm starken Nervenstamm, von welchem nach allen Richtungen feinste Nervenzüge oder Nervenfasern abtreten. Während nun der Nervenstamm in gerader Richtung, so daß man ihn auf einem Schnitt, wenn derselbe so günstig wie in Fig. 1, Taf. 5 gefallen ist, in seinem ganzen Verlaufe verfolgen und übersehen kann, bis zu dem mit TH^2 bezeichneten Sinnesorgane, das an der Basis der Kalkspitze gelagert ist, zieht, giebt er einen Nervenast ab, welcher zu dem Tasthügel TH^1 führt. Bevor dieser Nervenast in den letzteren eintritt, teilt er sich etwa in 5 Äste, welche sich kurz vor ihrem Eintritt in das Sinnesorgan gabeln.

Von dem Nervenstamme, der bis zu dem mit TH^2 (Figur 1) bezeichneten Sinnesorgane zieht, treten nach allen Seiten feine Ästchen ab, welche aus Nervenfasern zusammengesetzt sind und teils bis zur Muskulatur des Drüsensackes, teils bis zum Epithel sich verfolgen lassen. Ein stärkerer Ast wurde schon oben er-

wähnt, er versorgt das unterhalb des oberen Tasthügels liegende kleine Sinnesorgan, *Sg.* Der Verlauf der Nervenzüge, wie ich ihn geschildert habe und wie er sich in jeder Zange in genau derselben Weise wiederholt, ist zu verfolgen auf der schon mehrfach verwiesenen Figur 1 auf Tafel 5. Fig. 2 giebt den Teil des Nervenstammes stärker vergrößert wieder, von welchem zu den unteren Tasthügeln *TH*[1] die Nervenzüge sich abzweigen. Über die Anordnung der Ganglienzellen verweise ich auf das Kapitel über die Nervenzüge überhaupt (s. unten).

Das Epithel, welches sich auf dem Kopf der Pedizellarien findet, ist auf der Rückenfläche desselben aus abgeplatteten Zellen zusammengesetzt, deren Kerne oft abgeplattet erscheinen. Auf der Innenseite der Greifzangen macht dieses Epithel Zellen Platz, welche eine Höhe von 0,02 mm besitzen und durch ihr Verhalten Farbstoffen gegenüber sich auszeichnen. Von der Fläche betrachtet, zeigen sich sechseckige Polygone, deren Konturen, der Ausdruck der Zellmembranen, stark hervortreten. Ihr Zellinhalt erscheint vollkommen ungefärbt bis auf den der Wandung anliegenden abgeplatteten und dunkel tingierten Kern. Auf Schnittpräparaten erhält man Bilder, wie Figur 5 auf Tafel 5 ein solches wiedergiebt. Die ungefärbten Zellen sind von eiförmiger Gestalt und erinnern in ihrem Habitus an Schleimdrüsen, wie wir sie bei anderen Tieren kennen. Mit Karmin oder Hämatoxylin färbt sich in der eiförmigen Zelle nichts. Nur ein Netzwerk tritt schwach hervor, welches das ganze Lumen durchzieht und sich mit der Zellmembran in Verbindung setzt, resp. mit einer derselben anliegenden dünnen Substanzschicht. Der länglich-ovale Kern ist der Zellmembran eng angeschmiegt; die intraretikuläre Substanz erscheint vollkommen glasig, homogen, ohne jede Granulierung. Ein feiner schwer wahrnehmbarer Porus tritt bei der Flächenbetrachtung an den einzelnen Schleimdrüsen hervor.

Das Vorkommen dieser Schleimzellen, die dicht nebeneinander stehen, und die gewöhnlichen Epithelzellen vollkommen verdrängt haben, ist beschränkt auf die innere Fläche der Greifzangen, also den Teil, welcher zwischen oberen und unteren Tasthügeln liegt.

Die Tasthügel schildere ich in dem Kapitel über die Sinnesorgane und verweise an dieser Stelle auf dasselbe.

Der feinere Bau der sechs paarweise verschmolzenen Drüsensäcke ist folgender. Eine aus mehreren Schichten bestehende Muskulatur liegt der Membrana propria auf; nach innen von dieser trifft man das Drüsenepithel, dessen Sekret teilweise das Lumen erfüllt.

Das Sekret stellt eine schleimige, körnchenlose, leicht gerinnbare Masse dar, welche sich mit Karmin wie Hämatoxylin stark färbt. Es füllt meist den mittleren Teil des Drüsenlumens auf den Präparaten an, eine Folge der Konservierung.

Die Drüsenzellen, welche den Wandbeleg bilden und das Sekret ausscheiden, sind von schwer zu bestimmender Gestalt. Diese dürfte am besten mit cylinderförmig zu bezeichnen sein. Das freie Ende der Drüsenzellen ragt durch seine kuglige Auftreibung oft weit in das Lumen hinein. Die Länge der Zellen ist im Mittel 0,065 mm. Ihr Inhalt verhält sich den Färbeflüssigkeiten gegenüber verschieden. Mit neutraler Karmin- und Hämatoxylinlösung behandelt, zeigte sich das freie Ende der Zellen dunkler tingiert als das basale. Es färbt sich in der Zelle eine Masse von verschieden großen Körnchen. Die basal gelagerten tingieren sich fast gar nicht, während die mehr der Mitte genäherten dunkler gefärbt erscheinen, im freien Ende jedoch die Körnchen verschmolzen zu sein scheinen zu einer tief-dunkel gefärbten Substanz, welche dem im Lumen der Drüse abgelagerten Sekret gleich kommt. Fig. 3 auf Tafel 5 veranschaulicht dieses Verhalten der Zellen. Der Zellkern von unregelmäßiger Gestalt liegt basalwärts, der Basalmembran anliegend. Zwischen den Sekretkügelchen schien ein Netzwerk vorhanden zu sein, doch kann ich nach meinen Präparaten über dasselbe keinen sicheren Aufschluß geben. Die verschiedenen Präparate durch Pedizellarien unserer Art gaben mir immer das gleiche Bild, wie ich es eben geschildert habe. Der Durchmesser einer Drüse (Alkoholpräparat) beträgt im Maximum 0,2 mm.

Die Muskulatur der Drüsensäcke besteht nicht aus einer Lage Muskelfasern, sondern einer ganzen großen Anzahl. Die Muskelfasern sind in verschiedenen Richtungen angeordnet. Ein Teil verläuft ringförmig, ein anderer zur Längsaxe der Drüse parallel, während am blind geschlossenen Ende derselben sich die Fasern kreuzen, wie Tangentialschnitte erkennen lassen.

Die tridactylen Pedizellarien.

Diese Art von Pedizellarien besitzt niemals Drüsen in den drei Zangen (Ausnahme Dorocidaris pap.), welche durch ihre Länge und Schmächtigkeit sich auszeichnen. Es sind die beweglichsten und größten Formen unter allen Pedizellarien und be-

fähigt, ungemein rasch zuzugreifen und festzuhalten. Daß ihnen dies nur möglich wird durch ihre quergestreifte Muskulatur, welche ich hier aufgefunden habe, darauf habe ich schon früher hingewiesen[1]).

Bei allen von mir untersuchten Echiniden traf ich tridaktyle Pedizellarien. Bei Centrostephanus fand ich konstant zwei Arten, wie auch bei Dorocid. papill., welche sich durch ihre Größe unterschieden. Die eine Form besitzt bei der erstgenannten Art kleinere Greifzangen und ist von schmächtigerem Baue wie die zweite. Daß sich bei den verschiedenen Gattungen diese Pedizellarien durch Gestalt und Größe unterscheiden werden, ist im voraus anzunehmen. Immerhin ist ihr Bau ein sehr übereinstimmenderer, da einfacherer als der der gemmiformen Pedizellarien, und wird es genügen, wenn ich nur bei einer Art denselben genauer schildere.

Centrostephanus longispinus Peters.

Auf Tafel 3, Figur 6 ist ein Längsschnitt durch eine tridaktyle Pedizellarie wiedergegeben. Im Kopfteil ist zunächst die aus quergestreiften Muskelfasern bestehende Zangenmuskulatur, M. adductores, zu erwähnen (vgl. das Kapitel über die Muskulatur).

Drei Nervenstämme ziehen zu den Greifzangen, in den Interstitien der drei Adductoren-Muskeln gelagert und zu diesen Fasern abgebend. Diese Nervenstämme geben in ihrem ganzen Verlauf bis zum Ende der Zangen größere und kleinere Seitenäste ab, welche zum Innenepithel und zum Rückenepithel verlaufen und in die Zellen derselben eintreten. Ein besonderes Sinnesorgan ist niemals vorhanden. Wohl aber ist der obere Teil der Innenfläche jeder Greifzange als besonders nervös anzusehen, da hier das Epithel an Höhe zugenommen hat und zu den dasselbe zusammensetzenden Cylinderzellen die Nervenfasern treten. Sinneszellen sind jedoch auch im unteren Teil der Innenfläche vorhanden, wenn auch nur in geringer Menge. Im Leben wimpert die ganze Innenseite. Die Wimpern besitzen eine ungemeine Länge, sie sind etwa 0,02 mm lang. Wahrscheinlich finden sich auch zwischen ihnen Tastborsten vor. Die Pigmentzellen mit schwärzlichem Körncheninhalt sind reichlich vorhanden. Sie sind weit verästelt und hängen die einzelnen Zellen mit ihren Fortsätzen auf weite

1) Vorläufige Mitteilungen zur Morphologie der Echiniden, Nr. 2, in: Sitz.-Ber. d. Jena. Gesellsch. f. Med. u. Naturw., Jahrgang 1886.

Strecken hin untereinander zusammen. Ihre eigentliche Lage ist die Cutis, meist aber haben sie ihre Fortsätze zwischen die Epithelzellen hineingeschoben, oder aber liegen der Basis derselben an.

Von besonderem Interesse ist der Bau des Stieles. Der Kalkstab reicht nicht bis zum Kopfe hinauf, sondern hört eine geraume Strecke unterhalb desselben auf. (vgl. die Figur.) Hierdurch ist es möglich geworden, daß der Kopfteil beweglicher ist und sich nicht nur nach allen Seiten bewegen, sondern auch nach dem Stiel umbiegen kann.

Die Strecke zwischen dem knopfförmig erweiterten Ende des Kalkstabes und dem Kopfteile der Pedizellarie, wird eingenommen von einem elastischen Ligament, Gallertstiel, wie ich dies Gebilde zu nennen vorschlage. Dasselbe ist von cylindrischer Gestalt und wird allseitig umhüllt von Muskelfasern, und zwar glatten, welche an den Kalkstücken im Kopfteil der Pedizellarie inserieren, dem Ligament anliegen und bis zum Kalkstiel und selbst an diesem entlang verlaufen. Diese in einer Schicht parallel miteinander verlaufenden Fasern sind es, welche den Kopf umbiegen können, während das elastische Ligament in die vorige Lage zurückstrebt.

Das Ligament besteht aus einer feinkörnigen Masse, die sich hellrosa tingiert. Fasern sind nur wenige vorhanden und nur hier und da ist eine Zelle oder Zellkern nachweisbar. Daß man es hier mit einer besonderen Differenzierung der Bindesubstanz zu thun hat, darauf habe ich bei der ausführlichen Besprechung derselben hingewiesen. Da wo der Kalkstab beginnt, fängt auch die netzförmige Bindesubstanz mit ihren Sternzellen wieder an.

Die Bindesubstanz, welche sich zwischen den Muskeln, welche dem Ligament und dem Körperepithel aufliegen, findet, zeigt sich gleichfalls, wie die Untersuchung der frischen Pedizellarie lehrt, von flüssiger Beschaffenheit. Fasern mit Stern- oder Spindelzellen sind kaum vorhanden, wohl aber Wanderzellen in großer Menge, welche in Bewegung begriffen sind. Diese erfolgt durch Ausstreckung und Einziehung kleinster Pseudopodien nach Amöbenart. Durch Übergießen mit $^1/_2$ % Osmiumsäure und nachheriger Färbung mit Pikrokarmin gelang es mir, die verschiedensten Bewegungszustände, in welchen sich die Zellen im Momente der Fixirung befanden, zu erhalten.

Dorocidaris papillata.

Es finden sich zwei Formen von tridactylen Pedizellarien vor, die eine mit langen, stiletförmigen Greifzangen und eine zweite mit gedrungenen Armen. Beide Arten sind von KÖHLER [1]) beschrieben und ihre Kalkgebilde abgebildet worden. Der letzteren Art kommen Drüsenschläuche in ihren Greifzangen zu, welche einen eigentümlichen schlauchförmigen Bau zeigen. Sie sind von KÖHLER [1]) übersehen worden. Das Kalkskelett dieser Greifzangen hat dieser Forscher naturgetreu abgebildet, ich beschränke mich daher nur auf folgende kurze Bemerkungen. Die Kalkplatten, welche in jeder Greifzange liegen, sind von löffelförmiger Gestalt. Am Rande der Innenseite stehen kleine, feine Kalkzähne, wie Figur 7 Taf. 2 zeigt. Weiter ist auf der Innenseite ein Querbalken zu finden, welcher aus Kalk besteht. Zwischen diesem Querstab und der Innenseite der Kalkplatte liegen eigentümliche Drüsenschläuche von einer Gestalt, die vollkommen abweicht von den ähnlichen Gebilden der gemmiformen Pedizellarien. Figur 6 auf Tafel 2 zeigt die Drüsenschläuche bei schwacher Vergrößerung. Einzelne kurze Schläuche hängen traubenartig zusammen und münden in einen langen Ausführgang, welcher oberhalb des ersten längeren Kalkzahnes an der Spitze mündet, wie die Seitenansicht Figur 8 Taf. 2 lehrt. Die Drüsenschläuche liegen ebenso wie das Kalkskelett jeder Greifzange in der Bindesubstanzschicht. Außen wird diese von dem allgemeinen Körperepithel überzogen, welches auf der Innenfläche der einzelnen Zangen aus langen Zellen besteht, welche lange und starke Wimpern besitzen (Fig. 8 Taf. 2). Das Epithel der Drüsenschläuche besteht aus fein granulierten, abgeplatteten Zellen, welche ihr Sekret in das enge Lumen jedes Schlauches abgeben.

Diese eigentümliche Pedizellarienform, die ich den tridactylen als Unterart zuzähle, findet man vorzüglich auf der Mundhaut vor, da wo die zehn Mundfüßchen ihren Sitz haben.

Die buccalen Pedizellarien.

(Sphaerechinus granularis.)

(Fig. 7 u. 8 auf Tafel 3.)

Diese Gruppe bietet mit den Trifoliaten den einfachsten Bau. Weder Drüsen noch besondere Sinnesorgane finden sich vor. Der

1) A. o. O.

Verlauf der Nervenstämme ist derselbe, wie ich ihn bei den übrigen Pedizellarien geschildert habe. Drei Nervenstämme verlaufen am Kopfteil und ziehen zu dem Epithel der Innenseite jeder Greifzange (vergl. Fig. 7 auf Taf. 3). Das Epithel ist bedeutend verdickt und wimpert. Zwischen den Epithelzellen sind Sinneszellen vorhanden, wie feine Schnitte und Zerzupfungspräparate erkennen lassen. Etwa im Centrum jeder Greifzange tritt der Nervenstamm an das Epithel. Seine Fibrillen lassen sich im Epithel auf weite Strecken verfolgen. Fig. 8 auf Taf. 3 zeigt einen Teil des Epithels der Innenfläche vergrößert mit dem hinzutretenden Nervenstamm, der hier endet.

Die M. adductores sind kräftig entwickelt. Unterhalb derselben liegen die M. extensores, welche die Greifzangen auseinanderbiegen. Der Kalkstab reicht nur bis zu geringer Höhe im Stiel der Pedizellarie, so daß es zur Bildung eines kräftigen elastischen Ligamentes kommt, welches von parallel mit der Stielaxe verlaufenden Muskelfasern belegt ist, den M. flexores, die an Kalkstücken im Kopfe einerseits und am Kalkstabende andererseits inserieren. — Die Länge dieser Mundpedizellarien beträgt ungefähr 2 mm, die ihres Kopfes 0,5 mm.

Die trifoliaten Pedizellarien.

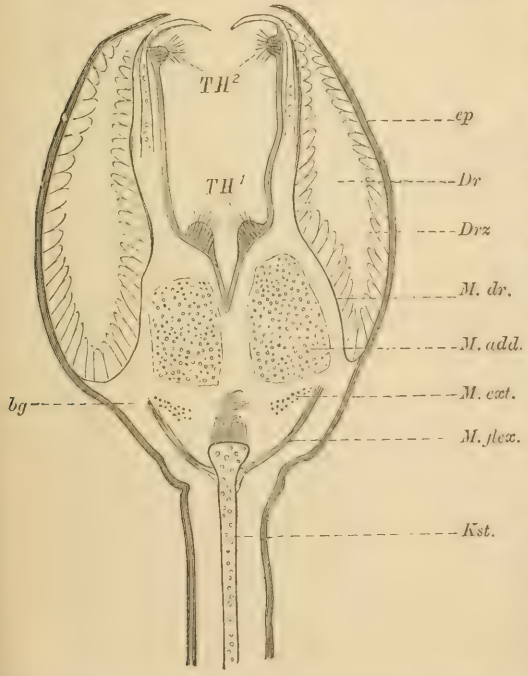
(Echinus microtuberculatus.)

Die kleinsten Pedizellarien, welche sich auf der Oberfläche des Körpers vorfinden, gehören zu dieser Gruppe. Die Länge des Köpfchens beträgt nur 0,1 mm, die Breite 0,07 mm. (Bei Echin. acutus beträgt die Breite der zusammengeklappten Zangen 0,16 mm, Länge des Köpfchens 0,23 mm.) Die Stiellänge beträgt 1,4 mm. Der Kalkstab nimmt kaum die Hälfte des Stieles ein, er ist nur 0,5 mm lang. Ein stark ausgebildetes elastisches Ligament reicht von seinem Ende an bis zum Kopf. Seiner Oberfläche lagern in gleicher Weise Muskelfasern auf, wie bei den übrigen Gruppen geschildert wurde. Auch diese inserieren am knopfförmigen Ende des Kalkstabes im Stiel und andererseits im Kalkskelett des Kopfes. Im lebenden Zustand schwingen und schlagen sie lebhaft hin und her. Dabei ist die soeben beschriebene Längsmuskulatur in Thätigkeit. Je nach der Kontraktion der einen oder anderen Fasern biegt sich das Köpfchen mit dem das Ligament enthaltenden Stielteil, während als Antagonist das Ligament wirkt, welches

vermöge seiner Elasticität immer in die vorige möglichst ausgedehnte Stellung zurückstrebt. Die Muskulatur ist der Kleinheit der drei blattförmigen Zangen angemessen und setzt sich aus glatten Muskelzellen zusammen. Die innere Fläche der Greifzangen ist stark bewimpert. Das Epithel ist verdickt, und lassen sich, wie in anderen Pedizellarien, drei Nervenzüge verfolgen, welche zu diesem Epithel hinzutreten. Besondere Sinnesorgane konnte ich weder bei dieser Art, noch bei Centrosteph. longisp. beobachten.

Der Mechanismus bei der Bewegung der Greifzangen der Pedizellarien.

Soviel mir bekannt ist, hat man bisher immer nur auf die drei M. adductores bei der Bewegung der Greifzangen Rücksicht genommen. Sobald sich diese drei Muskelbündel, welche auf der Innenfläche der Greifzangen sich anheften, kontrahieren, klappen die drei Zangen aneinander. Wie geschieht aber ihr ebenso schnelles Auseinandergehen? Daß dieses nur durch eine Muskulatur, welche als Antagonist der Adductoren wirkt, zu erklären sein wird, nicht aber etwa blos durch Elasticitätsverhältnisse, scheint mir von vornherein das Wahrscheinlichste zu sein. Da das Verhältnis der Muskeln zu einander bei den verschiedenen Gruppen der Pedizellarien dasselbe ist, so habe ich eine der höchststehenden gemmiformen Pedizellarien,

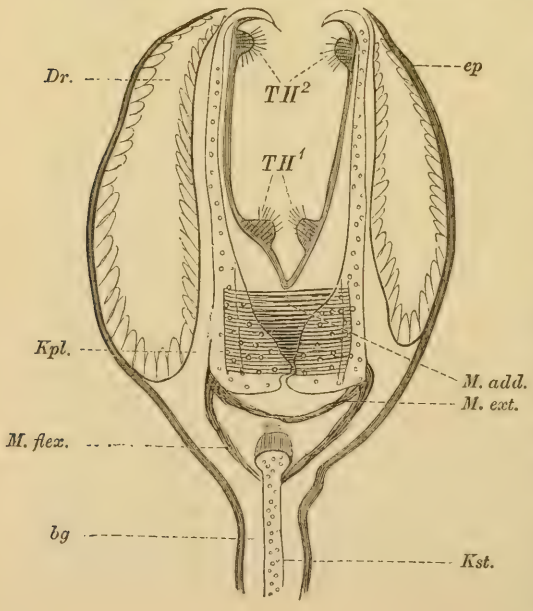


Längsschnitt durch eine Pedizell. gemmiformis von Echinus acutus. Vergr. 50. *ep* Körperepithel; *bg* Bindesubstanz; *Dr* Drüsensack; *Drz* Drüsenzellen; *TH*¹ und *TH*² Tasthügel; *Kst* Kalkstab; *M. dr.* Muskulatur der Drüsenwand; *M. add.* Adductoren; *M. ext.* Extensoren; *M. flex.* Flexoren, Beuger des Kopfes.

die von Echinus acutus, zur Erläuterung gewählt. Das Bild ist bei fünfzigfacher Vergrößerung mit der Camera gezeichnet, sonst aber schematisch gehalten. Die Kalkstücke sind nicht mit eingetragen.

Außer den großen Adductoren ist noch folgende Muskulatur vorhanden. Einmal sind auf dem Holzschnitt der Quere nach getroffen Muskelbündel (M. extensores), welche an denselben Kalkstücken inserieren wie die Adductoren, aber nicht auf der inneren Fläche derselben, sondern auf der äußeren und der Basis der Kalkplatten mehr genähert.

Ist der Längsschnitt durch die Pedizellarie so gefallen, daß der eine der Adductorenmuskel der Länge nach getroffen ist, so hat man auch die Extensoren in ihrem ganzen Verlauf. Ein solches Bild giebt der zweite Holzschnitt wieder. Zwei der Kalkplatten habe ich, so gut es gehen wollte, eingetragen und sind die Adductoren (*M. add.)*, welche auf der inneren Fläche der Kalkplatten inserieren, und zweitens die Extensoren, welche im Bogen verlaufen und schlaff sind, sobald sie nicht in Thätigkeit, gestreckt, sobald sie kontrahiert sind. Sie greifen auf den äußeren Flächen der beiden Platten an. Immer sind die Extensoren im Verhältnis zu den Adductorenbündeln schwach entwickelt. Aus ihrer Lage geht aber hervor, daß das Ausstrecken der Greifzangen, sobald die Muskeln in der angegebenen Weise sich inserieren, einen geringeren Kraftaufwand erfordert als das Zusammenziehen derselben, wenn man die Lage der Adductoren in Betracht zieht. Daher ihre geringere Ausbildung.



Der Kopfteil jeder Pedizellarie ist auf dem Stiel beweglich. In unserer Figur reicht der Kalkstiel bis in den Kopf. Von ihm gehen radienartig Muskelfasern aus, welche als Flexoren wirken, den Kopf nach allen Seiten beugen können. Sie inserieren ebenfalls an den Kalkplatten im Kopf, die auf den Figuren nicht mit eingezeichnet sind.

Endet der Kalkstiel nicht im Kopf, sondern vor demselben in einiger Länge, so verlaufen die Flexoren am Ligament entlang bis zum knopfförmig angeschwollenen Anfangsteil des Stieles.

Die Funktion der Pedizellarien.

Über die Funktionen der einzelnen Pedizellarien hat man bis heute gestritten, ohne eine Einigung zu erreichen, weil das Vorhandensein von Sinnesorganen, Drüsen, überhaupt der feinere Bau fast unbekannt war und nur immer die Kalkstücke beschrieben wurden. (Eine Ausnahme hiervon machen nur Sladen und Foettinger, die Drüsen bei Sph. gr. auffanden und beschrieben.)

Zunächst werden die Pedizellarien, mögen sie nun welche Form auch immer haben, als Tastorgane funktionieren, dafür sprechen die zahlreichen Nervenendigungen im Kopfteil, wie im Stiel derselben.

Die kleinsten Formen, wie die Pedizellariae trifoliatae, säubern unzweifelhaft die Schale von kleinsten Sandpartikelchen, Protozoen, überhaupt allen Fremdkörpern, mögen diese nun direkt auf der Oberfläche der Schale oder auf den Stacheln sich befinden. Ihnen wird also die Funktion zukommen, welche A. Agassiz für alle Formen von Pedizellarien in Anspruch genommen hat.

Die größeren Arten, wie die tridactylen Pedizellarien, dienen nur in seltenen Fällen hierzu, in erster Reihe sind sie dazu da, lebende größere Körper, wie Würmer etc., abzuhalten, also wirken sie als Waffen, weiter aber — wie ich in Hinsicht auf die nur bei ihnen vorgefundene quergestreifte Muskulatur schließe — dienen sie zum Festhalten an Fremdkörpern bei der Bewegung, wie schon Romanes und Ewart festgestellt haben.

Die gemmiformen Pedizellarien haben die gleiche Funktion, es unterstützt sie beim Greifen das Sekret der Drüsensäcke in den Greifzangen, wie Experimente lehren. Bei Echinus microtuberculatus stehen die drüsentragenden Pedizellarien meist auf der Rückenfläche und dienen, wie ich mich an vielen im Aquarium gehaltenen Tieren überzeugen konnte, dazu, Tangblätter etc. festzuhalten, mit denen sich der Seeigel in Ruhelage wie in Bewegung begriffen maskiert. Hierbei ist ihnen das schleimige Sekret ihrer Drüsenpedizellarien von größtem Nutzen.

Die Globiferen.

Centrostephanus longispinus Pet.

Über der ganzen Körperoberfläche dieses prächtigen Seeigels zerstreut sitzen, mit bloßem Auge als weiße, erhabene Punkte kenntlich, Gebilde, welche jeglicher Greifzangen entbehren. Von einem Stiel wird ein kugliger Körper getragen, welcher sammt dem Stiel in schwingende, pendelnde Bewegungen geraten kann.

Außer diesen weißen Gebilden, den Globiferen, fallen violett gezeichnete, ebenfalls auf Stielen sitzende Körper sofort in die Augen. Auch diese sind von kugliger Gestalt, auf ihrer Spitze sitzt aber eine dreigliedrige Greifzange, in welcher das Pigment angehäuft sich befindet. Diese bunt gefärbten Körper sind äußerst beweglich, besonders diejenigen, welche sich durch längere Stiele hervorheben.

Unter den Globiferen kann man zweierlei Formen leicht unterscheiden. Die eine zeichnet sich durch ihren gedrungenen Bau aus, besonders durch den äußerst kurzen Stiel (Fig. 1 Tafel 4), während die andere Art von schmächtigerer Gestalt ist und einen längeren Stiel besitzt (Fig. 3). Von oben gesehen, zeigt sich am Kopfteil jeder Globifere äußerlich eine Dreiteilung. Drei Kugeln sind eng aneinander gerückt und mit ihren Berührungsstellen verschmolzen. In jeder dieser drei Kugeln, welche übrigens, wie eine Betrachtung von der Seite zeigt, sich besser mit eiförmigen Gebilden, deren Längsaxe parallel läuft der des Stieles, vergleichen lassen, liegt eine Drüse von gleicher Gestalt, welche nach außen durch einen Porus mündet. Der Drüseninhalt erscheint von gelblicher Färbung.

Im Centrum des Stieles verläuft ein Kalkstab, welcher sich zwischen den drei Drüsen centralwärts gelagert fortsetzt und meist mit einem kuglig aufgetriebenen Ende (Fig. 3) abschließt. Über letzterem erhebt sich die Haut, eine kleine Kuppel bildend.

Der feinere Bau der Globiferen. Das allgemeine Körperepithel überzieht den Stiel sowohl wie den Kopfteil in Gestalt von kubischen Zellen (Fig. 10). Zwischen den Lücken derselben, sie auseinanderdrängend, lagern Pigmentzellen oft in ungemein großer Anzahl. Diese Zellen sind von gelber Färbung und zeigen ein prächtiges Bild mit ihren oft weit und untereinander mannigfach verzweigten Ausläufern. Hier und da trifft man auch auf Pigmentzellen, welche ihre Fortsätze vollkommen eingezogen

haben (vergl. die Figuren 7, 8, Tafel 4, *fpz* = gelbe Pigmentzellen zu Fig. 2).

An der lebenden Globifere kann man über den Bau der Drüse selbst sich bereits orientieren. Preßt man ein frisch vom Tiere entferntes Organ, so sieht man, daß das Innere jeder eiförmigen Drüse von langen, cylindrischen, pallisadenförmigen Zellen eingenommen wird, welche im Centrum nur einen geringen Raum freilassen. Diese Zellen haben eine Länge von etwa 0,13 mm oder darüber, während ihr Breitendurchmesser 0,005 mm beträgt. (Der Längsdurchmesser einer Drüse beträgt 0,45 mm im Mittel, der Durchmesser durch den Kopf einer Globifere der ersteren Art 0,45 mm.)

Übt man einen starken Druck auf das Deckglas aus, so kann man die Zellen plötzlich zu den Öffnungen der Drüsen heraustreten sehen. Färbt man diese so gewaltsam hervorgepreßten Zellen, so findet man niemals einen Kern in denselben, auch nicht an ihrer Basis. Die Zelle ist oberhalb des Kernes abgerissen worden, während letzterer, von Plasma umhüllt, im Innern der Drüse der Wandung aufliegend zurückgeblieben ist. Der Zellinhalt besteht aus glänzenden Körnchen.

Zur genauen Erforschung der Drüse genügt ihre Betrachtung im frischen Zustande nicht. Schnitte durch mit Alkohol oder Flemming'schem Gemisch hergestellte Präparate und nachherige Färbung zeigen folgendes. Ein Querschnitt durch den Drüsenteil einer Globifere ist in Fig. 12 abgebildet. Zwei der Drüsen sind auf dem Schnitt getroffen. Die Cylinderzellen der Drüsen nehmen bei Hämatoxylinfärbung einen tiefblauen Ton an, bei Karmintinktion färben sie sich hellrot, während der um den basal gelagerten Kern sich findende Zellteil durch eine dunklere Nuance hervortritt. Methylgrün färbt die Zellen sehr stark, während die Bindesubstanz und Epithel diesen Farbstoff nicht aufnehmen.

In Fig. 13 ist ein Teil der Drüsenwandung stärker vergrößert wiedergegeben.

Der körnige Inhalt der einzelnen Zellen nimmt den bei weitem größten Teil der Zelle ein. Nur an der Basis, den Zellkern umhüllend, findet sich eine Masse durch dunklere Färbung hervortretend. Das ist das Plasma der Zelle. Von hier aus scheint sich ein feines Netzwerk durch den übrigen Teil der Zelle zu verbreiten, wie Hämatoxylinfärbung zeigt. In den Maschen dieses Netzwerkes sind die hellen, glänzenden Körner oder Tröpfchen angesammelt.

Isolierte Zellen (Ranvier's Drittelalkohol) zeigen dasselbe Bild.

Basalwärts haftet ihnen der Zellkern, von nur wenig Plasma umgeben, an (Fig. 14). Eine Membran läßt sich an diesen Zellen nicht finden. Der Zellinhalt ist an der freien Basis ebenso scharf nach außen abgegrenzt als an der Mantelfläche der Zelle. Frische isolierte Zellen zeigen dieses Verhalten. Bei den auf Schnitten untersuchten Zellen, mochten sie nun von direkt mit Alkohol erhärteten Präparaten oder von vorher mit Pikrinsäure oder dem Flemming'schen Gemisch getöteten herstammen, zeigte die freie Basis der Zellen Quellungserscheinungen.

Außer dem geschilderten Bild der Drüse mit Cylinderzellen trifft man auf Drüsen, welche ein anderes Bild zeigen, indem bei ihnen die Drüse erfüllt ist von einer schleimartigen Masse, welche in Alkohol oder Wasser sofort gerinnt.

Dann besteht der Drüseninhalt aus dieser schleimartigen Masse und zweitens aus einem Wandbeleg von Zellen, welche von wenig Plasma umhüllt werden. Die Zellen zeigen keinerlei Grenzen untereinander (Fig. 15). Ihre Kerne sind von ziemlicher Größe und zeigen in ihrem hellen Inhalt meist einige deutlich umschriebene Kernkörperchen. Kleinere Zellkerne finden sich zwischen ihnen zerstreut vor. Ein Zusammenhang mit diesem Wandbeleg von Zellen und der central gelagerten Schleimmasse ist entweder nicht mehr zu erkennen oder aber beschränkt sich nur auf wenige Zellen, wo feine Stränge zwischen Zellen und Schleim noch erhalten sind.

Vergleicht man das soeben geschilderte Verhalten mit dem oben Geschilderten, so ergiebt sich ohne Zwang folgendes. In dem einen Zustand haben wir die Drüse vor uns, deren Zellen als schleimbildende noch erhalten sind, aber dann während der Absonderung zum größten Teile bis auf den protoplasmatischen Rest mit Kern zu Grunde gehen. So ist der zweite Zustand der Drüse entstanden. Das Sekret, welches in den Drüsen entsteht, ist eine das Lumen derselben ganz ausfüllende körnige Masse, aus kleinen Tröpfchen bestehend, die stark lichtbrechend sind, und färbt sich mit Anilingrün oder Essigkarmin ziemlich stark.

Von den als Wandbeleg zurückbleibenden Zellresten, die sich jedenfalls durch Teilung vermehren, geht wahrscheinlich von neuem die Absonderung vor sich, nachdem die Zellen ausgewachsen sind. Darüber stehen mir keine Beobachtungen zu Gebote.

Unterhalb der Drüsenzellen findet sich eine äußerst dünne Membrana propria und nach außen von derselben eine Muskelschicht. Die Muskelfasern verlaufen zu einander streng parallel,

eine neben der anderen gelagert in einer Schicht, und zwar concentrisch zur Öffnung jeder Drüse. Isolierte Fasern zeigen folgenden Bau. Eine feine Längsstreifung tritt nach Osmiumbehandlung an den runden, glatten Fasern auf, während eine Querstreifung niemals vorhanden ist. Jede Drüse, umhüllt von der Muskelschicht, liegt in der Bindesubstanz der Globifere eingelagert. Diese bildet die Hauptmasse des Stieles, und ist es in dessen Centrum zur Bildung eines Kalkstabes gekommen. Die Bindesubstanzschicht besteht aus Zellen und Fasern, welch letztere im Stiel einen parallelen Verlauf zur Längsaxe desselben nehmen. Sie sind in großer Menge und verschiedener Stärke in der nur gering entwickelten Grundsubstanz vorhanden. Wanderzellen findet man oft dicht gedrängt zwischen den Drüsen stehend vor.

Sphaerechinus granularis.

Leichter als bei irgend einer anderen Art sind die Globiferen bei dieser Form aufzufinden. Es sind auf einem etwa 1 mm langen Stiele aufsitzende, mit einem kugligen Kopfe versehene Gebilde, welche zwischen den gemmiformen Pedizellarien und Stacheln sitzen. Ihre Bewegung beschränkt sich auf ein Neigen nach der einen oder anderen Seite.

Fig. 5 zeigt eine Globifere mit ihrem aus drei Kugeln bestehenden Kopfe. Aus der einen Öffnung dringt die Inhaltsmasse, das schleimige Sekret, hervor. Die Farbe unserer Organe ist tief violett, wie die des ganzen Seeigels. Von Pigmentzellen, welche im Epithel gelagert liegen, rührt diese Farbe her. Die drei Öffnungen treten als helle Punkte auf der Oberfläche hervor.

Im Stiel findet sich der Kalkstab, welcher mit seinem Ende zwischen die Drüsen hineinragt. Weiter sind halbmondförmige Kalkgebilde zu erwähnen, die in großer Menge in der Bindesubstanz zwischen den drei Drüsen liegen (siehe Fig. 11 auf Tafel 4).

Die Drüsen bilden drei Säcke, welche untereinander ohne jede Kommunikation sind und durch je eine Öffnung ihr Sekret nach außen entleeren.

Besonders stark ist die Muskulatur entwickelt, welche einen ringförmigen Verlauf besitzt und durch Kontraktion imstande ist, diesen Schleim durch die Öffnung nach außen zu entleeren. Die glatten Muskelfasern besitzen bei mäßiger Kontraktion einen Durchmesser von etwa 0,003 mm.

Zerquetscht man den Kopf einer frischen lebenden, soeben von der Körperwand abgeschnittenen Globifere, so kann man die Lagerung der drei Drüsen zu einander am besten erkennen (Fig. 6).

Die Epithelschicht, welche die Globiferen, Kopf wie Stiel, überzieht, stimmt überein mit dem allgemeinen Körperepithel.

Auf das Körperepithel folgt die Bindesubstanzschicht mit ihren verschiedenen Elementen und sichelförmigen Kalkgebilden, und auf diese die Muskelschicht, welche jede Drüse umhüllt. Nach innen von letzterer gelagert folgt eine Membrana propria und hierauf die Drüsenzellen.

Ein Schnitt durch eine der drei Drüsen lehrt uns, daß dieselben meist prall angefüllt sind von einer durchsichtigen Flüssigkeit, in welcher helle kuglige Tröpfchen schwimmen, die durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen auffallen. Die ganze Sekretmasse färbt sich in neutralem Essigkarmin, während sie in Boraxkarmin fast farblos bleibt. Methylgrün wie Anilingrün bringen eine tiefgrüne Färbung hervor. Mit Osmium behandelt, bräunt sich der Drüseninhalt (vergl. Fig. 16 Taf. 4).

Außer der das Lumen jedes Drüsenballens ausfüllenden Sekretmasse sind der Membran aufsitzend Zellen mit ovalen Kernen vorhanden, die gegeneinander keine Abgrenzung zeigen. Das Plasma der Zellen hebt sich bei geeigneter Färbung scharf ab von der Inhaltsmasse. Es erscheint fein granuliert.

Immer fand ich nur eine Lage von Zellen an, wie es Fig. 18 bei mäßiger Vergrößerung zeigt. Fig. 17 giebt die Zellen stärker vergrößert wieder. Daß von diesen Zellen die Sekretbildung erfolgen muß, ist wohl selbstverständlich, es fragt sich nur, auf welche Weise. Die Bilder, welche ich auf Schnitten durch Drüsen erhalten habe, zeigen immer dasselbe. Nur die Menge des Sekretes war eine wechselnde. Drüsen, welche vollkommen entleert gewesen wären, habe ich überhaupt niemals angetroffen.

Es liegt nahe, eine gleiche Entstehungsweise für das Sekret anzunehmen, wie ich bei Centrostephanus geschildert habe. Dann ist mir immer nur das eine Stadium zur Beobachtung gekommen, in welchem der größte Teil der Cylinderzellen sich bei der Abscheidung beteiligt und nach derselben nur noch ein basaler Rest der Drüsenzelle übrig geblieben ist, welcher den Zellkern einschließt.

Die Globiferen[1]) und die Pedizellarien.

Daß es sich bei den Globiferen um eigentümliche Organe handelt und nicht etwa um zufällig entstandene Mißbildungen, ist kurz nach meiner vorläufigen Mitteilung durch meine Angaben bestätigende Beobachtungen erwiesen worden. Daß sie trotz ihrer Größe, die mehrere Millimeter beträgt, bis jetzt übersehen worden sind, mag wohl daran gelegen haben, daß sie bei oberflächlicher Betrachtung für Pedizellarien gehalten worden sind.

In der That werden wir auch die Globiferen aus Pedizellarien hervorgegangen zu denken haben in ähnlicher Weise, wie wir die Sphäridien als modifizierte Stacheln ansehen.

Es finden sich nämlich bei Centrostephanus longispinus neben den echten Globiferen solche vor, bei denen oberhalb der Drüsensäcke eine winzige dreiklappige Greifzange sitzt. Es können diese Gebilde als Pedizellarien bezeichnet werden, welche an ihrem Stiel drei kuglige Drüsensäcke tragen, die in gleicher Höhe rings um denselben angeordnet sind. Auf Tafel 4 sind in Figur 2 und 4 solche Pedizellarien abgebildet. Die eine besitzt schmächtigere Drüsen an ihrem langen Stiel, die andere einen kurzen, gedrungenen Stiel mit dicken Drüsensäcken.

Denken wir uns nun die kleine Greifzange nicht zur Entwickelung gekommen, so haben wir die Globiferen vor uns, wie ich sie bei Centrostephanus longispinus und Sphaerechinus granularis gefunden habe.

Was die kleinen dreizangigen Pedizellarien anlangt, so sind sie mit Sinnesorganen sehr reich ausgestattet. Auf der Innenseite jeder Greifzange liegt an der Spitze ein Tastkissen und ebenso an der Basis ein solches von ähnlichem Bau, wie ich sie bei den gemmiformen Pedizellarien beschrieben habe. Die Nervenzüge lassen sich leicht bis zu ihrem Eintritt in das verdickte Epithel der Tastorgane verfolgen.

---

1) Ich finde keinen Grund, den Namen Globiferen, welchen ich diesen Organen zugelegt habe (Vorl. Mittlgn. z. Morph. d. Echiniden in: Sitzsber. d. Jen. Ges. f. Med. u. Nat. Jahrgang 1886) mit einem anderen zu vertauschen, da für die Pedizellarien mit Drüsensäcken in den Greifzangen jetzt allgemein die Bezeichnung: Pedicellariae gemmiformes in Anwendung ist.

Die Stacheln.

Dorocidaris papillata.

Mit Ausnahme der großen dicken Stacheln, welche sich auf der Schale von Dorocidaris vorfinden, besitzen alle Stacheln eine Einrichtung, welche ich sonst bei keinem anderen Seeigel gefunden habe. Am lebenden Tiere bietet der basale Teil der Stacheln ein flaumartiges Aussehen, welches von einer Unmasse von großen Drüsenzellen herrührt. Löst man einen Stachel von der Haut los, so sieht man, wie sein basaler Teil nach der einen Seite besonders angeschwollen ist, und wie diese Anschwellung nach der Spitze zu nach und nach verstreicht. Der lebende Stachel zeigt hier kreisrunde, helle, farblose, zarte Gebilde, welche die von der Fläche betrachteten Drüsenzellen sind. Sie stehen dicht gedrängt, und sieht es aus, als ob das Epithel sich lediglich aus deren Elementen zusammensetze.

Die Oberfläche des Stachels ist mit Wimpern bedeckt bis zu seinem Ende. Hier fand ich feine Haare, Tasthaare, wie ich nicht anstehe diese Gebilde zu nennen, welche keiner Bewegung fähig sind, sondern sich unbeweglich starr verhielten.

Fertigt man einen Längsschnitt durch einen vorher entkalkten Stachel an, so erkennt man, daß die Anschwellung bedingt wird von einer Verdickung der Bindesubstanz, die hügelartig hervorgewölbt ist, und daß sie zweitens von einer Verdickung des Epithels herrührt.

Das Epithel setzt sich zusammen aus Drüsenzellen und gewöhnlichen Epithelzellen, deren basale Fortsätze ein verschiedenes Verhalten zeigen.

Die Gestalt der Drüsenzellen ist schon an losgelösten Epithelstücken von einem lebenden Stachel zu erkennen. Die Zellen sind schlauchförmig, von einer Membran umgeben. Ihr Zellleib ist erfüllt von einer körnigen, stark lichtbrechenden Masse (Figur 5 auf Tafel 6). Eine große Menge von Flimmerhaaren erhebt sich auf dem freien Ende derselben. Diese Flimmerhaare stehen auf einer Cuticula, die am lebenden Stachel leicht zu erkennen ist.

Der Inhalt der Zellen nimmt Farbstoffe ungemein stark auf. Mit saurer Hämatoxylinlösung färben sie sich tiefblau, das Gleiche gilt von Karminlösungen. An entleerten körnchenfreien Zellen läßt sich ein feinmaschiges Netzwerk unterscheiden und tritt auch da im basalen Teile des Zellleibes liegende Kern zu Tage (vergl.

Fig. 8 *dr.*, Tafel 6). Auf den Schnitten durch Stacheln fand ich die Drüsenzellen meist weit über die Epitheloberfläche hervorragend, während im Leben das nicht so stark hervortrat. Teilweis entleerte Zellen zeigten ihren basalen Teil zusammengeschrumpft, so daß dieser dann gleichsam als Stiel des gefüllten Zellleibes sich präsentierte.

Zwischen den Drüsenzellen, deren Durchmesser etwa 0,0 .. mm beträgt, liegen die gewöhnlichen Epithelzellen, welche von einer den Drüsenzellen entsprechenden Länge sind. Es sind feine fadenförmige Gebilde mit einem ovalen Kerne. Der periphere Fortsatz setzt sich fort in eine Geißel, während der basale sich meist als Stützfaser zu verhalten schien, in anderen Fällen jedoch von feinster Gestalt war, sich mehrfach verästelte und mit Nervenfasern, welche zum Epithel herantreten, in Verbindung zu treten schien. Figur 7 auf Tafel 6 zeigt Epithelzellen in Flemming's Gemisch konserviert und in Drittelalkohol maceriert. Die basalen Fortsätze lassen sich bei Färbung mit Pikrokarmin oder neutraler Karminlösung weit verfolgen, so daß ihre direkte Fortsetzung in Nervenfasern nicht zu bezweifeln ist.

In jedem Stachel lassen sich Nervenzüge nachweisen. Diese entspringen, wie ich an jungen in toto geschnittenen Seeigeln von 5 mm und darüber gefunden habe, von dem zunächst gelegenen Ambulacralnervenstamm. Es lassen sich mehrere Nervenzüge in einen Stacheln eintretend verfolgen. Sie bestehen aus wenigen Nervenfasern (vergl. Figur 8, Tafel 6), welche unterhalb der Epithelzellen, ihrer Basalmembran meist dicht angeschmiegt, also in der Bindesubstanzschicht, verlaufen und feinste Verzweigungen zum Epithel abgeben.

Über die allgemeine Gestalt und das Vorkommen der Drüsenzellen auf den Stacheln ist folgendes zu bemerken. Bei den längeren, spitz zulaufenden Stacheln ist nur der basale Teil mit Drüsenzellen bedeckt, und etwa in halber Höhe des Stachels trifft man nur wenige zertreut an. Diejenigen Stacheln, welche einen gedrungenen Bau haben, sind oft in ihrer ganzen Ausdehnung von Drüsen besetzt, und nur die Spitze erscheint frei von ihnen (siehe Figur 4 auf Tafel 6). Auf den längeren schmächtigen Stacheln ist das Wimperepithel in langen parallelen Reihen angeordnet, wie es auch sonst bei den gewöhnlichen Formen der Stacheln die Regel ist.

Sphaerechinus granularis.

Jeder Stachel ist bekanntlich vermittels der Gelenkpfanne auf der Stachelwarze der Schale eingerenkt. Hier am Gelenk unterscheidet man verschiedene Schichten [1]), die bereits bei Lupenvergrößerung hervortreten: das Epithel, unter welchem Pigmentzellen vorkommen, darunter ein Kranz aus Fasern zusammengesetzter Muskeln (Musculi motores aculei), welche vom Umfang der Stachelwarze zum äußeren Rande der Gelenkpfanne gehen; endlich die Gelenkkapsel, zwischen den umfänglichen Teilen von Warze und Pfanne so gelegen, daß die Mitte beider frei bleibt. Diese Anlenkungsweise gestattet den Stacheln, sich, um den halbkugligen Gelenkkopf gleitend, senkrecht aufzurichten und wagerecht niederzulegen.

Das Oberflächenepithel trägt nur teilweise Wimpern, teilweise besteht es aus mehr abgeplatteten, wimperlosen Zellen. Die wimpernden kubischen Zellen stehen in Längsreihen gesondert auf den Stacheln. Querschnitte durch Stacheln zeigen, daß diese einen meist fünfstrahligen Bau besitzen. Das Epithel besitzt einen wellenförmigen Verlauf, wobei die dickeren Partieen von den Wimperzellen in mehreren Schichten liegen können, die schmalen von nicht wimpernden Zellen eingenommen werden. (Fig. 10 Taf. 11 Querschnitt durch einen Mundstachel von Centrosteph. longisp. Pet.) Basalwärts von den Wimperzellen verlaufen die longitudinalen Nervenfasern bis zum Ende der Stacheln, in geringer Anzahl zusammenliegend. Zwischen dem Oberflächenepithel und der Muskelschicht in dem Gelenkteile des Stachels verläuft ein Nervenzug [2]), aus cirkulär angeordneten Nervenfasern bestehend. In Figur 2 auf Tafel 6 ist derselbe quer durchschnitten *qu N* (Längsschnitt durch einen Stachel). Von diesem cirkulären Nervenring, der bei allen untersuchten Arten an der Basis der Stacheln sowie Sphäridien sich findet, gehen Nervenfasern ab zu den longitudinalen Muskelfasern und der Bindesubstanzkapsel. In welcher Weise sich die Nervenfasern, mit Ganglienzellen in besonders reicher Menge vermischt, verzweigen, zeigt Fig. 1 auf Taf. 6, welche das Bild eines vertikalen Längsschnittes durch einen Stachel wieder-

1) Vergl. die Darstellung in: Bronn's Klassen und Ordnungen der formlosen Tiere. Pag. 324.

2) Vorläufige Mitteilungen zur Morphologie der Echiniden, in: Sitz.-Ber. d. Jena. Gesell. f. Med. u. Nat. Jahrg. 1886. Nr. 7.

giebt. Die Ganglienzellen sind größtenteils multipolar und zeichnen sich durch ihre Größe vor allen anderen benachbarten Zellenarten aus. Ihre Ausläufer sind ungemein zart und hinfälliger Natur.

Der basale Nervenring des Stachels ist mit seinen zum größten Teil cirkulären Fasern in Figur 3 Taf. 6 dargestellt. Der Querschnitt geht durch den Teil des Stachels, in welchem der Nervenring verläuft. Zwischen Epithelbelag und der eingefalteten Muskelschicht verlaufen die Fasern, durch dunkleren Ton hervorgehoben, konzentrisch. Über dem basalen Nervenring ist das Oberflächenepithel stark verdickt, und sind die Zellen lange, haarförmige Cylinderzellen, die auf ihren freien Enden lange Wimperhaare tragen.

Unterhalb des Epithels folgt die Muskelschicht, aus longitudinal verlaufenden glatten Faserzellen bestehend, welche ihren Ursprung am oberen Kalkstück des Stachels nehmen und mit ihren entgegengesetzten Enden in den Kalkgebilden der Körperwand rings um die Basis desselben inserieren. Die ungemein kräftige Wirkung der Muskulatur wird durch ihre Lagerung erklärt. Die ursprünglich einschichtige Muskellage hat sich in Falten gelegt, wie Figur 3 Tafel 6 zeigt. In welcher Weise sich die Muskelfasern an ihren Enden verhalten, läßt sich an Längsschnitten durch entkalkte Präparate bereits erkennen. Die glatten Muskelfasern zerfasern an ihren Enden, und diese einzelnen Endfasern gehen oft direkt über in Ausläufer der sternförmigen Zellen der reticulären Bindesubstanz.

Die Bindesubstanzschicht, die aus parallel zu einander ebenfalls longitudinal verlaufenden Fasern gebildet wird und eine Hülle um das Gelenk bildet, setzt sich am oberen Kalkstück an dessen unterer Fläche unterhalb der Muskelschicht an.

Diese Bindesubstanzfasern sind äußerst dünn und durch ihre geringere Tingierbarkeit leicht von den Muskelfaserzellen zu unterscheiden (vergl. Fig. 10 Taf. 6). Der Kern liegt etwa in der Mitte jeder Faser. An ihren beiden Enden zerfasern diese Fibrillen und gehen ebenfalls unmittelbar über in die Ausläufer der steinförmigen Bindesubstanzzellen (Fig. 10 Taf. 6 *bgf*).

Die rotierenden Dorsalstacheln

von Centrostephanus longispinus.

Eines der zierlichsten Bilder gewährt dieser Seeigel, wenn man ihn im Glasgefäß lebend beobachtet. Mag er nun in Ruhe

sein oder sich langsam oder schnell vom Orte bewegen, immer sind auf der Rückenfläche im Umkreis des Afters eine Anzahl prächtig lila gefärbter Stacheln zu sehen, die sich fortwährend bewegen und dabei mit ihren Spitzen einen Kreis beschreiben. Stört man einen dieser Stacheln in seiner Bewegung, so hält er plötzlich an, um in entgegengesetzter oder derselben Richtung von neuem zu rotieren.

Die Rückenfläche, in deren Centrum der After schornsteinartig hervorragt, ist dunkelbraun bis schwärzlich gefärbt. Besonders dunkel erscheint die nächste Umgebung des Afters in Gestalt eines Kreises. Dieser Kreis wird begrenzt von bis einen Centimeter langen weißen Stacheln, welche ungemein dünn sind. Kleinere weiße Stacheln von halber Höhe umgeben den schornsteinartigen After. Hinter den langen weißen Stacheln stehen die gedrungenen rotierenden Stacheln, und zwar auf den Interambulacralplatten. Im ganzen sind ungefähr fünfzehn, also in jedem Interambulacrum drei, oder weniger vorhanden, in dem dann bald drei oder zwei vorkommen. Zwischen ihnen stehen die langen trifoliaten Pedizellarien und tridactyle nur in geringerer Anzahl.

Unsere Drehstacheln haben eine Länge von 1—3 Millimeter, je nach der Größe der Tiere. Die Spitze und die obere Hälfte derselben ist prächtig lila, der untere Teil weiß gefärbt, während die Basis dunkelbraune Pigmentzellen besitzt. Untersucht man einen rasch von der Haut losgetrennten lebenden Stachel, so fällt die sehr geringe Wimperung auf. Auf der Oberfläche ragen urglasförmige Erhebungen hervor, welche mit unbeweglichen, starren Härchen besetzt sind (Fig. 5 auf Taf. 13 nach dem Leben). Es handelt sich hierbei um Sinneshügel, es sind die Sinneszellen gruppenweise zusammengetreten. Ein Cuticularsaum ist über die ganze Fläche der Stacheln hin zu beobachten. Leider habe ich auf Querschnitten diese zarten Sinneshügel nicht näher untersuchen können.

Die ungemein rasche und ausdauernde Bewegung dieser Stacheln läßt auf einen besonderen Bau schließen.

Die Stacheln sind auf der Oberfläche in gleicher Weise wie die gewöhnlichen Formen auf einer halbkugligen Warze drehbar angebracht. Ein Längsschnitt durch die Axe eines Stachels enthüllt den Bau derselben am leichtesten. Fig. 6 auf Taf. 13 zeigt einen solchen Vertikalschnitt. Das Epithel des Periproctes ist besonders reich an Nervenfasern. Nervenzüge trifft man an allen Stellen an. Sie verlaufen sämtlich im Epithel, und zwar zwischen

den basalen Fortsätzen der Epithelzellen. Eine Basalmembran trennt die Epidermis mit den Nervenfasern von der Cutis. An der Basis der Stacheln kommt es zur Bildung eines Nervenringes. Von demselben gehen Fasern zu der darunter liegenden Muskulatur ab, sowie andere Faserbündel bis zur Spitze des Stachels verlaufen. Es enthält somit der Nervenring sensorische wie motorische Fasern. Das Gleiche gilt ja für die Nerven der übrigen Stacheln, wie die der Pedizellarien.

Das Hauptinteresse nimmt die Muskulatur in Anspruch. Nach innen vom Epithel liegt ein an ihrer Basis 0,04 mm, an ihrem Ende (dem Stachelende zugekehrt) 0,03 mm starker Muskelcylinder, welcher die Stacheln wie ein Mantel in halber Höhe umgiebt. Dieser Muskelcylinder, der eine Länge von 0,06 mm besitzt, besteht aus quergestreiften Muskelfasern, welche feinen Fäden gleichen. Ihr Durchmesser beträgt nur 0,0014 mm. Es sind diese Fasern mithin weit dünner als die in den tridactylen Pedizellarien beschriebenen quergestreiften Muskelzellen. Im übrigen ist ihr Bau derselbe. Ein ovaler Kern, der ein Kerngerüst sehr schön zeigt, liegt, von wenig körniger Substanz umgeben, der Faser außen auf. Nach innen von dieser Schicht liegt eine bindegewebige, faserige Hülle, wie sie oben bei den gewöhnlichen Stacheln erwähnt worden ist. Die Querstreifung der Fasern ist oft sehr schwierig zu, sehen und an Alkoholmaterial habe ich nur selten dieselbe noch erhalten gefunden. Das mag wohl zum Teil mit der Feinheit der Fasern zusammenhängen.

Kapitel 2.

Das Nervensystem.

Allgemeine Anordnung und Histologie.

Das Central-Nervensystem setzt sich zusammen aus den fünf Radialstämmen und dem Gehirnring, der als eine Kommissur dieser fünf Nerven anzusehen ist. Hierzu kommt das periphere Nervensystem, bestehend aus den Seitenästen der Radialnerven, welche zu den Füßchen ziehen, die Stacheln, sowie die Pedizellarien und Lovén'schen Sphäridien versorgen. Endlich habe ich ein gut ausgebildetes Darmnervensystem aufgefunden.

Unsere Kenntnis des Nervensystems der Echiniden beschränkt sich fast nur auf den Verlauf und den gröberen Bau desselben. Die peripheren Teile waren bisher wenig bekannt. Allein Romanes und Ewart [1]) verdanken wir die ersten Angaben über einen subepithelialen Nervenplexus von Echinus, welcher über den ganzen Körper verbreitet sei und an die Basen der Stacheln wie Pedizellarien herantreten soll. Inwieweit diese Beobachtungen mit den meinigen übereinstimmen, wird aus der weiteren Darstellung hervorgehen. Dadurch, daß ich überall die Nervenendigungen auffinden konnte, ist zugleich der Beweis vollständig erbracht, daß es sich um echte Nerven handelt, auch dann, wenn es nicht gelang, den direkten Zusammenhang der Hautnerven mit den aus den Radialnerven kommenden Ästen nachzuweisen.

Der Verlauf der fünf Radialnerven und des Gehirnringes wurde zuerst genauer von Krohn [2]) geschildert, dessen Angaben die späteren Forscher wenig Neues hinzuzufügen hatten. Die folgenden Beobachter, wie Joh. Müller, Valentin u. s. w., haben auch nur Krohn's Angaben bestätigt, während spätere Untersucher den feineren Bau zu erforschen sich zur Aufgabe machten, wie Hoffmann, Teuscher, Frédéricq und Koehler.

Die Lage der radiären Nervenstämme schildere ich unter Hinweis auf Figur 1 auf Tafel 9. Die fünf Nervenstämme verlaufen in den fünf radiären Schizocölräumen (*Sch*[1] und *Sch*[2]), nach beiden Seiten alternierend Äste zu der Haut abgebend. Jeder der fünf Radialnervenstämme beginnt in den Ocellarplatten, um nach dem Austritt aus denselben (vergl. Fig. 1 Taf. 1 und Fig. 2 u. 5 Taf. 1) an Ausdehnung zuzunehmen, in den Ambulacren zu verlaufen, immer in den Schizocölkanälen gelagert, vor der Laterne angekommen, durch die fünf Auriculae hindurchzutreten. Bis zu derjenigen Stelle, wo das (radiäre) Ambulacralwassergefäß den radiären Nervenstamm begleitete, verläuft dieser in dem Schizocölkanal. Jetzt tritt der Nervenstamm in die Laterne ein und kommt in die mit der Leibeshöhle kommunizierenden Höhlungen der Laterne zu lagern; dabei obliteriert der innere Schizocölraum und nur der äußere begleitet den Nerv, indem er dessen äußere

1) Romanes und Ewart, Observation on the Locomotor System of Echinodermata in: Proceed. Roy. Soc. London. Vol. 32. 1881. Vorläuf. Mitteilung, und in: Philosoph. Transact. London. Part 3. 1881. pag. 829.

2) Krohn, Über die Anordnung des Nervensystems der Echiniden. Archiv f. Anat. u. Phys. 1841.

Fläche, welche das Deckepithel trägt, umhüllt. Der Nervenstamm verläuft in der Mittellinie des Interpyramidalmuskels, zwischen diesem und der Mundhaut gelagert, und am Schlund angelangt, wendet er sich nach oben, teilt sich gabelförmig, und indem je zwei Gabeläste verschmelzen, kommt es zur Bildung des Nervenringes, welcher auf seiner mit dem Deckepithel versehenen Fläche von dem auf dem Querschnitt halbkreisförmigen Schizocölring umhüllt wird, während auf der anderen Seite eine Bindegewebshülle ihn bedeckt, welche vom allgemeinen Leibeshöhlenepithel überzogen wird. Der Nervenring wird durch je fünf paarige Bänder an den Schlund angeheftet, er ist nach innen von den fünf Zähnen, also zwischen diesen und dem Schlund gelagert und liegt somit im Enterocöl der Laterne (vergl. Fig. 11 Taf. 13 Querschnitt durch einen radiären Nervenstamm innerhalb der Laterne). Von dem Nervenring treten fünf paarige Nervenäste centralwärts aus, um den Darmtractus zu versorgen. Auf ihre Lagerung und ihren Bau komme ich weiter unten.

Ich bespreche zunächst den feineren Bau des Gehirnringes und der Radiärstämme und dann die fünf Ocellarplatten mit ihren Bildungen und schließe hieran die Nerven des Darmtractus und der Haut (in Stacheln, Pedizellarien und Füßchen).

Den feineren Bau der Nervenstämme hat Hoffmann [1]) versucht zu schildern. Soweit mir möglich ist, seine Darstellung zu verstehen, hat er Nervenfasern und Ganglienzellen beobachtet. Wenn er jedoch angiebt, daß die Zellen in der Peripherie, die Röhrchen in der Achse der Nervenstränge überwiegen, so ist es, zumal Abbildungen die Angaben nicht erläutern, unmöglich, sich ein Bild von dem zu machen, was der Verfasser gemeint hat.

Weit besser und klarer hat Teuscher [2]) die Verhältnisse gesehen und gedeutet. Er hat Längsschnitte durch den frei präparierten Nervenstamm angefertigt und fand dann „zarte Längsfasern dicht neben einander verlaufen“. Der äußeren der Schale zugewendeten Fläche liegt eine Schicht von Zellen an von 0,0035 mm mit deutlichen Kernen. Querfasern, wie er sie bei Asteriden und Holothurien beschreibt, fehlen vollkommen. Ganglienzellen zwischen den Fasern hat Teuscher nicht erwähnt, in

1) Hoffmann, Zur Anatomie der Echiniden und Spatangen. Niederl. Archiv, Bd. 1. 1871. pag. 54 u. ff.

2) Teuscher, Beiträge zur Anatomie der Echinodermen, Echiniden, pag. 526, in Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Band 10. 1876.

der Figur (7 auf Tafel 20, Jen. Zeitschr. Band 10) finden sie sich jedoch abgebildet.

Frédéricq [1]) schildert den Bau in ähnlicher Weise. Die Radialstämme wie der Gehirnring liegen im Innern eines besonderen Kanales (unseres Schizocölraumes) und sind aus Längsfasern und einer aufliegenden Schicht bipolarer, kleiner Zellen zusammengesetzt. In allen Teilen fand dieser Forscher dieselbe Zusammensetzung vor. Der neueste Untersucher der Echiniden, Koehlrr [2]), hat sich der Darstellung seines Landsmannes angeschlossen, ohne selbst Neues hinzuzufügen.

Meine Untersuchungen erstrecken sich auf das Nervensystem vornehmlich von Sphaerechinus granularis, Toxopneustes lividus und Dorocidaris papillata.

In allen Teilen besteht Gehirnring wie Radiärstämme aus feinsten Fibrillen, die eng parallel miteinander verlaufen, im Gehirn ringförmig, in den Längsstämmen longitudinal. Die Fäserchen sind kaum meßbar und zeigen dasselbe Verhalten wie die Nervenfasern der Asteriden. Sie tingieren sich mit neutraler Essigkarminlösung sehr schwach, während die Zellkerne von Zellen zwischen ihnen sich stark färben. Das sind die Ganglienzellen, die regellos zerstreut vorkommen. Ihr Kern ist meist länglich oval, und dann ist die Zelle spindlich und an zwei entgegengesetzten Polen in Fäserchen, Nervenfibrillen, ausgezogen. Die Zellsubstanz ist oft kaum erkennbar und umhüllt den etwa 0,005—0,007 mm großen Kern. Selten trifft man auf multipolare Zellen, deren Kerne eine mehr runde Gestalt besitzen. Fig. 3 Tafel 1 zeigt auf einem Längsschnitt durch den Gehirnring eines Sphaerechinus die Ganglienzellen mit ihrem verhältnismäßig großen Kern und der kaum kenntlichen Zellsubstanz. Auf dem Querschnitt treten die Fibrillen in Gestalt feinster Punkte auf, und es zeigt sich, daß dieselben keine weitere erkennbare Struktur, wenigstens mit unseren jetzigen Hilfsmitteln, besitzen.

Die nach der Schale zugewendete Fläche der Radiärstämme, sowie die der Mundöffnung zugewendete Oberfläche des Gehirnringes trägt die bereits von den verschiedenen Forschern beschrie-

---

1) Frédéricq, Contributions à l'anatomie et à la histologie des Echinides, in Cpt. rend. T. 83. p. 860.

Frédéricq, Contributions à l'étude des Echinides, in Arch. zool. expér. T. 5. p. 429.

2) Koehler, Recherches sur les Echinides des côtes de Provence, in Ann. du Mus. d'hist. nat. de Marseille. 1883.

bene Zellschicht. Entweder liegen diese Zellen in einer Reihe oder aber in mehreren Schichten dicht gedrängt. Die isolierten Zellen sind von unregelmäßiger Gestalt, aneinander abgeplattet und etwa 0,004 mm groß, hiervon kommt der größte Teil auf den Kern. Dieser ist im allgemeinen kleiner als der der Ganglienzellen.

Woher kommen nun diese Zellen? Sind sie nervöser Natur, etwa auch Ganglienzellen oder aber nur als Deckepithel aufzufassen? Das letzte Wort in dieser Frage wird natürlich die Entwicklungsgeschichte zu sprechen haben. Immerhin ist es aber möglich, unter Vergleichung der Verhältnisse der Asteriden und Holothurien eine Antwort zu finden.

Die Nervenstämme der Asteriden zeigten sich bestehend aus Nervenfasern, die zwischen Fortsätzen der Epithelzellen (sog. Querfortsätzen oder Querfasern von Teuscher u. a.) der Ambulacralrinne verliefen. Bei der jungen Synapta liegen die Nervenfasern ebenfalls im Epithel, Ektoderm, und gelangen erst später in die Cutis. Unter Erwägung aller Verhältnisse kam ich nun zu dem Resultat, daß bei Synapta und den Holothurien überhaupt nicht die Nervenfaserschicht allein, sondern auch das Ambulacralepithel mit seinen Fortsätzen, zwischen denen die Nervenfasern senkrecht zu letzteren verlaufen, mit in die Cutis hinabgerückt sei und als Deckepithel fungiere. Dafür sprachen vor allem die erhalten gebliebenen Fortsätze dieser Epithelzellen, die ich als Stützzellen beschrieben habe. Bei den Echiniden sind die Verhältnisse, entgegen den Angaben der oben genannten Forscher, dieselben.

Untersucht man auf Längs- oder Querschnitten den Gehirnring von Sphaerechinus (nach Färbung mit neutralem Essigkarmin oder Pikrokarmin), so kann man ganz deutlich beobachten, wie die Nervenfaserschicht von Fasern senkrecht durchsetzt wird (Fig. 3 auf Tafel 1). Diese Fasern beginnen am Deckepithel und ziehen bis zu der jenseits der Nervenfaserschicht liegenden bindegewebigen Membran, an der sie sich anheften. An Zerzupfungs- oder Klopfpräparaten trifft man diese feinen Fortsätze in Zusammenhang mit den Zellen des Oberflächen-Epithels. Die Fortsätze selbst zeichnen sich durch ihre ungemeine Dünne aus.

An Querschnitten durch die Radiärstämme sind sie schwer aufzufinden, da sie in diesen überhaupt nur in ganz geringer Anzahl bei der genannten Art vorkommen. Bei Dorocidaris papillata, einer zur Beobachtung der feineren Strukturen des Gehirnringes wie der Radiärstämme besonders geeigneten Form, sind die Quer-

fortsätze, um die alte Benennung beizubehalten, an allen Stellen entwickelt.

Die spindelförmigen Ganglienzellen erreichen eine Länge von 0,009 mm. Ihr Kern zeigt ein deutliches Kernkörperchen neben dem gewöhnlichen Kernnetz. Zwischen den Nervenfasern und ihnen oftmals aufgelagert trifft man feinkörniges Pigment an, welches entweder lose zerstreut auftritt, oder aber in Pigmentzellen sich findet, wie Frédéricq bereits geschildert hat.

Die Intergenital- (Ocellar-) Platten mit den Fühlern.

Auf jeder der fünf Intergenitalplatten (Ocellarplättchen nach Agassiz) werden Pigmentflecke beschrieben. Diese Pigmentflecke wurden um so mehr als Augen angesehen, als sie an den den Enden der Seesternarme homologen Stellen liegen.

Bei den Seesternen deckt die Endplatte an den Enden der Arme den Fühler und mit ihm die Augenflecke von oben her, bei den Echiniden hingegen durchbohrt der Nervenstamm diese Endplatte.

Maceriert man die analen Platten und fertigt Vertikalschnitte besonders durch die Intergenitalplatten an, so daß die Schnittebenen parallel mit den Radialnervenstämmen verlaufen, so erhält man Bilder, wie sie in Fig. 2 auf Tafel 1 von einem jungen Echinus acutus, Fig. 5 auf gleicher Tafel von einem ausgewachsenen Sphaerechinus granularis dargestellt sind. Mit *RN* ist der Radialnerv bezeichnet, welcher der Länge nach durchschnitten ist. Nach außen von demselben liegt der äußere Teil *Sch*^{1} des Nervenschizocölraumes, nach innen der innere, mit *Sch*^{2} bezeichnete. Weiter ist mit *RW* das radiäre Wassergefäß gekennzeichnet. Der Nervenstamm *RN* tritt, begleitet von dem central gelegenen Wassergefäß, in die Intergenitalplatte ein, das heißt, er durchbohrt deren zum größten Teil aus der verkalkten Bindesubstanz (Cutis) bestehende Wand, indem er nach dem Eintritt in dieselbe sein Deckepithel verliert. An der Epidermis angekommen, welche von besonderer Beschaffenheit ist, breitet er sich unterhalb derselben aus, seine feinen Nervenfasern treten in Verbindung mit den Zellen derselben. Auf den Intergenitalplatten zeigt das Epithel sich kuppelartig hervorgewölbt nach außen. Seine Zellen sind von haarförmiger Gestalt und gleichen feinen Fasern, die in einer Anschwellung den ovalen Kern tragen. Der Zellleib setzt sich nach oben in einen

peripheren Fortsatz, nach unten in einen basalen fort. Letzterer ist in der Nervenfaserschicht noch weit zu verfolgen. Ganglienzellen von ansehnlicher Größe liegen zwischen den Nervenfasern unregelmäßig zerstreut.

Der Nervenstamm wird, wie ich schon sagte, vom Wassergefäß begleitet. Dieses tritt ebenfalls in die Intergenitalplatte ein, um sich kuppelförmig zu erweitern und blind zu enden, wie es Fig. 2 Tafel 1 zeigt.

An den Schnittpräparaten ist von Pigment nichts wahrzunehmen. Dasselbe ist durch Alkohol extrahiert worden und liegt zwischen den Epithelzellen entweder in Gruppen in Form kleiner Körnchen oder aber in Chromatophoren angehäuft. In keinem Falle sind Bildungen vorhanden, wie ich sie im Fühler der Asteriden als Sehflecke beschrieben habe. Will man aber von rudimentären Sehflecken sprechen, so steht dem nichts im Wege.

Das ganze soeben beschriebene Gebilde bezeichne ich als Fühler, und ist derselbe homolog dem Fühler der Asteriden. Zunächst könnte man einwenden, daß der Fühler der letzteren sich hervorstrecken könne, also einer Bewegung fähig sei. Diese Bewegung ist jedoch passiv, sie wird nicht durch im Fühler liegende Muskelfasern bewirkt, sondern durch den Druck der Flüssigkeit in den Wassergefäßen wird der Fühler nach außen hervorgestülpt. Dadurch, daß bei den Echiniden die Fühler zum Teil in die Intergenitalplatten zu liegen gekommen sind, ist auch diese Art der Bewegung so gut wie unmöglich gemacht worden.

Bei Asteriden wie Echiniden enden die Schizocölräume (bei ersteren die sog. radiären Perihämalräume) vor dem Fühler, während das Wassergefäß hier wie dort blind endet. Die kuppelförmige Erhebung des Sinnesepithels auf den Intergenitalplatten der Echiniden ist homolog dem Fühlerende mit dem Augenpolster der Seesterne, aber nicht, wie Agassiz [1]) meint, dem Fühler selbst.

Indem ich diese Gebilde als „Fühler der Echiniden" bezeichne, will ich andeuten, daß dieselben homolog sind den Fühlern der Asteriden, daß sie denselben, nur in Nebendingen modifizierten Bau wie jene besitzen. Für die Frage nach der Entstehung und Phy-

1) Agassiz beschreibt die fünf Ocellarplatten, indem er sagt: „These plates are perforate, allowing the passage of an odd tentacle." Weiter erklärt er dann denselben für homolog mit dem Fühler der Asteriden, ohne jedoch eine Darstellung des feineren Baues zu geben. (Echini, Illustr. Catalogue of the Museum of comparative Zoology, J. 1872/74. pag. 682.)

logenie der Asteriden wie Echiniden sind diese Thatsachen, wie ich unten zeigen werde, von besonderem Interesse und Werte.

Außer bei Echinus acutus und Sphaerechinus granularis untersuchte ich die Intergenitalplatten bei Echinus melo, Toxopneustes lividus und Centrostephanus longispinus, immer dasselbe Verhalten antreffend. Bei keiner dieser Arten fanden sich ein hervorstülpbarer Tentakel oder Sehflecken vor.

Verfolgen wir nun den Radiär-Nervenstamm, nachdem er aus der Intergenitalplatte [1]) oder Fühlerplatte herausgetreten ist, weiter. Er verläuft in dem ambulacralen Schizocöl-Längskanal, denselben, wie an anderer Stelle geschildert wurde, in zwei Teile trennend (vergl. Fig. 1 Tafel 9 Querschnittsbild durch Wandung und Nervenstamm). Sobald sich nun Äste vom Wassergefäß, das dem Nervenstamm aufliegt, abzweigen, zweigt sich auch ein Ast von letzterem ab. Daß aber der Nervenstamm erst durch diese Äste in seiner Lage im Schizocöl-Längskanal *Sch*[1] und *Sch*[2] erhalten werde, wie Frédéricq [2]) behauptet, ist nicht richtig, indem der Nervenstamm auch da, wo keine Äste abgehen, in dem Kanal fixiert ist, wie ein Blick auf Fig. 1 Tafel 9 lehrt.

Die Äste, welche aus dem Nervenstamm ausgehen, treten alternierend aus, wie die Wassergefäßäste, denen sie aufgelagert sind. Ein Querschnitt durch einen Kanal zeigt den Nervenast quer durchschnitten (vergl. Fig. 2 Tafel 9 *N*). Er liegt im Bindegewebe eingebettet und zeigt Ganglienzellen in ziemlicher Anzahl. Die austretenden Äste bestehen aus feinen Nervenfasern, denen Ganglienzellen regellos beigemischt sind und eine geringe Strecke lang Deckepithelzellen aufliegen. Die Äste treten teilweise in die Füßchen ein, verzweigen sich jedoch vorher, indem die Zweige unterhalb der Epidermis verlaufen und zu Sphäridien, Pedizellarien und Stacheln ziehen.

Dieses Verhalten ist unter Hinweis auf die Figuren Fig. 1 Tafel 9 und Fig. 2 Tafel 6 noch näher zu untersuchen. Die erstere Figur diene dazu, den Austritt eines Nerven *N* vom Radialnerven-

---

1) Den Namen Ocellarplatte, welchen Agassiz eingeführt hat, muß man fallen lassen, weil keine Ocuellen vorhanden sind. Will man nicht von Intergenitalplatten sprechen, so schlage ich den Ausdruck Fühlerplatten an Stelle desselben vor.

2) Frédéricq, Contributions à l'anatomie et à la histologie des Echinides, Cpt. rend. T. 83. pag. 860.

stamm *RN* zu zeigen. Wie eben beschrieben, verläuft dieser Nerv in der Wandung des zur Ampulle führenden Kanales *a*. Bevor nun der Nerv in das Füßchen eintritt, also an der Basis desselben, giebt er verschiedene Äste ab (Fig. 1 zeigt nur einen solchen), welche sich verzweigen, und zwar in mannigfacher Weise, und teils epithelial, teils subepithelial verlaufen. So kommt ein basalwärts vom Hautepithel gelegenes Nervengeflecht zustande, von dem aus Nervenzüge zu den Anhangsorganen der Haut, also zu Pedizellarien, Stacheln, Sphäridien usw. ziehen. Fig. 2 auf Tafel 6 zeigt bei stärkerer Vergrößerung den zur Haut und den Füßchen ziehenden Nervenzug *HN*. Ganglienzellen von spindliger Form lassen sich zwischen den feinen Nervenfasern liegend erkennen, während andere Zellen peripher gelagert sind. An der Füßchenbasis nun biegt der Nerv nach links, indem der einzige Fußnervenzug zunächst subepithelial gelegen ist, um dann im weiteren Verlaufe in das verdickte Epithel einzutreten und zwischen den Stützfasern der Zellen seinen Weg zu nehmen, wie es Fig. 1 auf Tafel 10 zeigt.

Ein anderer Zweig verläuft unterhalb des Hautepithels und ist mit *N* (in Fig. 2 Taf. 6) bezeichnet. Nach allen Richtungen gehen Nervenzüge aus, welche subepithelial gelagert sind. Ganglienzellen sind stets deutlich zwischen den Nervenfasern nachweisbar. Oftmals ist es mit Schwierigkeiten verknüpft, die letzteren aufzufinden. Das ist an solchen Stellen der Fall, wo das Hautnervengeflecht nur schwach entwickelt ist.

In Fig. 2 Tafel 6 ist der Zusammenhang des einen Stachel versorgenden Nerven mit dem allgemeinen, über die ganze Körperoberfläche verbreiteten Nervengeflechte zu ersehen.

Das weitere Verhalten der Nervenzüge an der Basis der Stacheln ist folgendes:

An der Basis eines jeden Stachels kommt es zur Bildung eines Nervenringes, der auf dem Querschnitt eine länglich-ovale Gestalt zeigt (vergl. den Längsschnitt durch einen Stachel Fig. 2 auf Tafel 6). Dieser Nervenring[1]) liegt im Körperepithel, teilweise in die Cutis hineinragend. Der Nerven-

1) Vorl. Mitteilung. z. Morph. d. Echiniden, in: Sitz.-Ber. d. Jen. Ges. f. Med. u. Natw. Jahrgang 1886. Nr. 27. Unabhängig von mir hat Prouho (Comptes rendus, 102, 1886) diesen basalen Nervenring an den Stacheln von Echin. acutus gefunden, wie aus seiner kurzen Mitteilung hervorgeht, welche etwa zur selben Zeit wie die meinige erschienen ist.

ring besteht aus feinsten Nervenfasern, zwischen denen Ganglienzellen auftreten. Das Epithel, welches den Stachel an seiner Basis überzieht, ist da, wo der Nervenring liegt, bedeutend verdickt, so daß man von einem Epithelwulst sprechen kann, wenigstens bei den größeren Stacheln. Die Zellen, welche diesen ringförmig die Stachelbasis umgebenden Zellwulst zusammensetzen, sind mit langen Wimpern versehen und lange fadenförmige Zellen. Auf Schnittpräparaten sieht man immer nur die meist kreisrunden Zellkerne, während Zellgrenzen nicht erkennbar sind. Durch die Anhäufung dieser Zellen mit ihren Kernen erhält man ein Bild, wie es Fig. 2 auf Tafel 6 und Fig. 2 auf Tafel 13 wiedergeben. Es scheint dann, als besäße der Nervenring ein besonderes peripheres Deckepithel, oder aber Ganglienzellen wären ihm peripher aufgelagert. Eine solche Deutung wäre aber vollkommen irrtümlich. Von diesem basalen Nervenring des Stachels gehen feinste Ästchen aus, welche am Stachel in die Höhe bis zur Spitze verlaufen, und zwar in den Wimperrinnen. Weiter aber treten Fasern aus, welche, mit Ganglienzellen untermischt, ein feinstes Netzwerk zwischen den Muskelfasern der Muskelschicht herstellen. Die Ganglienzellen in allen peripheren Verzweigungen der Nervenzüge sind meist multipolar und messen 0,007—0,009 mm. Ihr kreisrunder Kern mit einem deutlichen Kernkörperchen mißt 0,004 mm. Fig. 1 Tafel 6 giebt das Verhalten dieser Zellen wieder. Die Ausläufer sind ungemein zart und schwer zu verfolgen. Sie treten an die glatten Muskelfasern heran und scheinen an diesen ohne jede weitere Bildung sich anzuheften. Das erinnert an jene bereits von Schwalbe [1]) gesehenen Bilder, bei denen der isolierten Muskelfaser einzelne kurze (abgerissene) Ästchen anhaften.

Die Sinnesorgane.

Die Ambulacralfüßchen.

(Tast- oder Rückenfüßchen, Mundfüßchen und Saugfüßchen.)

1) Tastfüßchen oder Flagella.

Da es nicht angeht, den Verlauf des Nerven mit seinen Endigungen allein zu schildern, so füge ich zugleich an dieser Stelle eine vollständige Beschreibung der Ambulacralfüßchen ein.

Man kann drei Gruppen unterscheiden, Saugfüßchen,

1) Schwalbe, Über den feineren Bau der Muskelfaser wirbelloser Tiere, in: Z. f. mikr. Anat. Bd. 5. 1869. p. 205.

Tastfüßchen und endlich die zehn die Mundöffnung ringförmig umgebenden Mundfüßchen, denen ein abweichender Bau zukommt und welche eine besondere Funktion ausüben, wie Noll's schöne Beobachtungen an im Zimmeraquarium gehaltenen Seeigeln darthun.

In typischer Form treten Tastfüße bei Centrostephanus longispinus auf. Sie sitzen auf der Rücken- und Seitenfläche des Tieres, während auf den Ambulacralplatten der Bauchfläche echte Saugfüße sich finden.

Die Tastfüße zeichnen sich durch ihre abweichende Gestalt aus. Es fehlt ihnen die Saugplatte vollständig, und enden sie nach ihrer Endspitze zu verschmälert kegelförmig, ohne eine plattenförmige Anschwellung zu zeigen. Unterhalb ihres zugespitzten Endes liegt eine kuglige Hervorwölbung, welche ich als Nervenplatte oder Nervenpolster bezeichne. (Vergl. Figur 7 auf Tafel 9 *Np.*) Diese Tastfüße können ungemein verlängert werden und erscheinen dann beinahe fadenförmig. Ihre Länge beträgt an einem Centrost. longisp. von 7 cm Durchmesser in vollkommen ausgestrecktem Zustand 4 cm und darüber, ihr Breitendurchmesser an der Spitze 0,3 mm, an der Basis 0,6 mm. Ihre Konservierung gerät mit Hilfe von Sublimatlösung sehr gut. Es gelingt dann, diese rasch hin und her schwingenden und lebhaften Tastfüße in einem Zustande zu fixieren, der annähernd dem gleichkommt, in welchem dieselben sich im Leben befinden.

Ein lebendes Füßchen zeigt in seiner ganzen Länge Kalkkörper, die meist als Dreistrahler zu bezeichnen sind (vgl. Figur 8 Tafel 9). Sie liegen unregelmäßig verteilt in der Bindesubstanz. Außerdem ist jedes Füßchen, dessen Aussehen fast glashell durchsichtig ist, mit Chromatophoren versehen, amöboiden Zellen, die in den mannigfaltigsten Kontraktionszuständen angetroffen werden. Bald sind diese Zellen kuglig gestaltet, in ihrem Leib den central gelegenen hellen Kern einschließend, oder aber ihre Substanz ist in Gestalt von sich baumförmig verästelnden Fortsätzen ausgezogen, wobei sich die Fortsätze benachbarter Zellen miteinander verbinden können. Diese Zellen messen in kontrahiertem Zustand 0,02 mm. Die Länge der Kalkgebilde variiert zwischen 0,06 und 0,1 mm.

Die Farbe dieser Pigmentzellen ist im Leben braun. In feinen Körnchen ist das Pigment in der Zelle enthalten. Besonders die Spitzen der Füßchen sind dicht mit Pigmentzellen versehen. Oft sind dieselben in das Epithel eingedrungen, dessen Zellen auseinander-

drängend. Die Wimperung der Epithelzellen ist am basalen Teile sehr stark und stehen die Wimpern in Büscheln angeordnet. Sie sind auffallend lang (vergl. Fig. 9 Taf. 9 im lebenden Zustande). An der Spitze dieser peitschenförmigen Füßchen habe ich keine Wimperung wahrgenommen. Hier trugen die Zellen starre Fortsätze, die keine Bewegung zeigten. Es zeigt sich dasselbe Verhalten wie in der Saugplatte der Mundfüßchen dieser Art. Auch auf dieser fand ich die kurzen unbeweglichen Tastborsten, vermißte aber die Wimperung vollständig. Daß die Funktion der Mundfüßchen eine abweichende von der der Saugfüßchen ist und sie näher den peitschenförmigen Rückenfüßchen stehen, geht einerseits aus Noll's Beobachtungen hervor, und wird andererseits durch das gleiche Vorhandensein von Tastborsten bestätigt.

Um den Verlauf des Nervenzuges im Füßchen zu studieren, genügt es, ein lebendes Füßchen, oder, falls dieses sich beim Abschneiden zu stark kontrahiert hat, mit Osmiumsäure fixiertes zu untersuchen. Dann sieht man in der Wandung an einer Stelle einen etwa 0,06 mm breiten Streifen emporsteigen und in der hügelartigen Anschwellung, dem Nervenpolster, enden. Es gelingt bereits an so konservierten Füßchen die Bestandteile dieses Nervenzuges, die feinen, parallel zu einander verlaufenden Fibrillen, zu erkennen. Über die näheren Verhältnisse, ob dieser Nervenzug im Epithel oder in der Cutis verläuft, belehren Schnite, vor allem Längsschnitte. Man unterscheidet dann folgende Schichten in der Wandung des Füßchens: nach außen 1) die Epidermis mit einer homogenen, im Leben gallertflüssigen Cuticula. Unterhalb derselben folgt 2) die Cutis, die Bindesubstanz, und nach innen von dieser eine 3) Längsmuskelschicht und hierauf das den Hohlraum des Füßchens auskleidende 4) Wimperepithel.

1. Die Epidermis interessiert uns am meisten, da in ihr der Nervenzug verläuft. Wie besonders Querschnittserien erkennen lassen, ist das Epithel an einer Stelle in der ganzen Ausdehnung des Füßchens verdickt. Das ist der mäßig hervorspringende Streifen, in welchem der Nervenzug verläuft. Unterhalb der Epithelzellen verlaufen die eng aneinander geschmiegten Nervenfasern zu einem Bündel vereinigt, um in der Nervenplatte, wo das Epithel am stärksten in Gestalt einer Hervorwölbung verdickt ist, zum Teil wenigstens zu enden, während ein anderer Teil bis zum konischen Ende des Füßchens sich verfolgen läßt. Während bei den Pedizellarien die Nervenzüge in der Cutis verlaufen, tritt bei den Füßchen — es gilt dies nicht nur für die Tastfüßchen, sondern

auch für Mund- und Saugfüßchen — der Nervenzug an der Basis derselben aus der Cutis, der Bindesubstanz, über in das Körperepithel, und somit haben wir das gleiche Verhalten, wie es bei den Asteriden besteht, noch erhalten. Das Epithel besteht im basalen Teile aus oft schlecht gegeneinander abgegrenzten Zellen. Die Zellen sind bald von cylindrischer Gestalt, bald mehr von kubischer, je nach dem Kontraktionszustande. Der Zellleib färbt sich fast gar nicht. Nur um den Kern ist eine sich schwach tingierende Substanz vorhanden. Im Epithelstreifen, in dem der Nervenzug verläuft, trifft man auf feine, fadenförmige Zellen, die an Isolationspräparaten wenig Zellsubstanz um den ovalen bis rundlichen Kern besitzen. Nach der Peripherie ist die Zelle in einen Fortsatz ausgezogen, mit dem die Taststäbchen wahrscheinlich in Verbindung stehen, während ein basaler Zellfortsatz dasselbe Verhalten wie die Nervenfasern zeigt und zwischen diesen sich verzweigt. Außerdem treten ähnlich gestaltete Zellen mit hyalinem, stärkerem Fortsatz auf, welcher die Nervenmasse senkrecht durchsetzt und bis zu der schwach entwickelten Basalmembran sich verfolgen läßt. Diese Zellen sind als Stützzellen anzusprechen.

2. Die Cutis ist sehr gering entwickelt, und lassen sich kaum verschiedene Schichten, die durch den Verlauf ihrer Fasern gekennzeichnet wären, unterscheiden. Fasern mit spindel- und sternförmigen Zellen liegen wirr durcheinander in der hyalinen glasigen Grundsubstanz. Die Kalkstäbe, welche sich in großer Menge finden und die ich als Dreistrahler bezeichnet habe, liegen in dieser Schicht. Dasselbe gilt von den bräunlichen Pigmentzellen, die teilweise auch zwischen den Epithelzellen angetroffen werden. Die innerste Lage der Cutis wird von einer Membran mit ringförmig verlaufenden Fasern gebildet.

3. Die Muskulatur besteht aus einer Lage von longitudinal verlaufenden Fasern und endlich in den von mir als konstantes Vorkommen angetroffenen Quermuskeln, welche das Lumen der Füßchen im mittleren und basalen Teile durchziehen [1]).

Die der Länge nach verlaufenden Muskelfasern sind schwach entwickelt. Sie ziehen bis in das konisch zugespitzte Fußende und konvergieren hier gegeneinander.

---

1) Solche Muskelfasern waren in den Ampullen von Leydig beschrieben worden, von Hoffmann war ihr Vorkommen bestritten worden. Ihr allgemeines Vorkommen auch an anderen Stellen des Wassergefäßsystems der Echiniden, wie im Lumen der Füßchen, war bisher unbekannt.

Die Quermuskeln durchziehen den Hohlraum des Füßchens im mittleren und unteren Teile. Im letzteren sind sie besonders stark entwickelt. Stränge spannen sich wie Balken zwischen den Wänden aus. Alle diese Verbindungsbalken verlaufen untereinander parallel, wie schon aus einer Flächenansicht (Figur 11 Tafel 9) hervorgeht. Bald bestehen sie aus nur einer Muskelfaser, welche an beiden Enden mit verbreiterter Basis an der Wandung sich anheftet, oder aber mehrere Fasern, zu einem Bündel vereint, spannen sich aus. Dann treten zwischen diesen einzelnen Bündeln Kommunikationen ein, indem sich die Fasern untereinander verzweigen, wie es die Figur 11 zeigt. Auffallend ist die Zahl der Zellkerne, welche sich den Muskelfasern anliegend finden. Wie aus Schnitt- und Zerzupfungspräparaten evident hervorgeht, gehört zu jeder Faser nur ein Kern, der von etwas fein granulierter Zellsubstanz umhüllt wird. Die Fasern werden von einer geringen membranartigen Menge von Bindesubstanz umhüllt, und dieser aufliegend trifft man die kubischen Epithelzellen, wie solche den Hohlraum aller Füßchen auskleiden. Es ist hier dasselbe Verhalten zu konstatieren, wie ich bei den Quermuskeln der Ampullen beschrieben habe.

Die Muskelbündel stehen, wie schon bemerkt, parallel zu einander, und zwar so, daß der Nervenzug sich in gleichem Abstande von den Insertionsebenen befindet. Ihre Wirkung wird darin bestehen, die Füßchen schnell von der Innenflüssigkeit bei der Kontraktion zu entleeren. Sie unterstützen somit die Längsmuskelschicht, von welcher sie sich abzweigen, in außerordentlicher Weise.

Die Mundfüßchen.

Auf der Mundscheibe stehen bei allen Echiniden zehn kreisförmig angeordnete Füßchen, die sich durch ihre Gestalt von den Ambulacralfüßchen auszeichnen. Sie liegen zwischen den Pedizellarien und können sich so stark kontrahieren, daß sie von letzteren überdeckt werden.

Noll's [1]) Verdienst ist es, auf diese Mundfüßchen oder, wie wir sie nennen können, Tastfüßchen hingewiesen zu haben und interessante Beobachtungen über die Funktion derselben mitzu-

1) Noll, Einige Beobachtungen im Seewasser-Zimmeraquarium, in: Zool. Anz. Bd. 2. 1879. pag. 405.

teilen [1]). Noll stellte zunächst fest, daß diese zehn Mundfüße nicht zum Anheften benutzt werden, ebensowenig wie etwa zum Ergreifen der Nahrung dienen. „Am meisten in Bewegung sieht man die fraglichen Organe, wenn dem Seeigel irgend ein Bissen auf die Stacheln gelegt worden ist und er nun, wie geschildert, sich von dem Glase abhebt, um die Speise herabgleiten zu lassen. Lebhaft schlagen die „Pseudopedizellarien", wie ich diese Mundfüßchen eben wegen ihrer Ähnlichkeit in morphologischer, aber ihrer Verschiedenheit in physiologischer Hinsicht zu nennen vorschlug, von dem Munde nach außen, besonders in der Richtung, aus welcher die Nahrung kommt, und um so lebhafter wird ihr Spiel, je mehr letztere sich dem Munde nähert". Dabei bewegt sich jedes der zehn Organe selbständig. Sobald die Nahrung in den Schlund kommt, sieht man sie sich der Nahrung nähern, um selten den Bissen zu berühren. Noll schließt hieraus, daß diese Organe dazu da sind, die Qualität der Nahrung zu prüfen: „sie sind Geruchs- oder Geschmacksorgane, oder vielleicht auch beides zugleich".

Die histologische Untersuchung ergiebt nun auf das evidenteste, daß diese Organe einen besonderen Bau besitzen und anders gebaut sind, als die Saugfüße, wie ich im folgenden darthun kann.

Die Gestalt unserer Organe ist in verschiedener Hinsicht eine abweichende von der der Saugfüßchen. Zunächst erscheint ihre Saugplatte nicht kreisrund, sondern, wie Noll hervorhebt, mehr elliptisch, oft bisquitförmig eingeschnürt. „Sie steht mit ihrer Längsaxe tangential zur Peripherie des Mundkegels."

Die Endplatten der Mundfüßchen von Sphaerechinus granularis und Centrostephanus longispinus zeigen keine Wimperung, wohl aber starre Tastborsten, die in ziemlich gleichen Abständen voneinander stehen. Die Bewegung unserer Mundfüßchen ist eine fortwährende hin und her pendelnde und rotierende. Stößt man sie, so kontrahieren sie sich momentan und verschwinden in dem Wall von Pedizellarien. Bei Centrost. longisp. und anderen Echiniden stehen die Mundfüße paarweis angeordnet.

Sämtliche Füßchen der Echiniden, mögen sie welche Funktion immer ausüben, besitzen unterhalb der Saugplatte (oder des zugespitzten konischen Endes) eine Anschwellung, die ich als

---

1) Noll, Mein Seewasser-Zimmeraquarium, in: Der Zoolog. Garten. 22. Jahrgang. Nr. 5. 1881. pag. 137. Die Angaben beziehen sich auf Echinus microtuberculatus Blainv.

Nervenpolster bezeichne. Bei den Asteriden ist dieselbe ringförmig und kann man von einem Nervenring sprechen; dasselbe gilt auch von den Mundfüßen der Echiniden, deren Epithel vornehmlich zum größten Teil aus Sinneszellen zusammengesetzt ist.

Figur 5 auf Tafel 9 zeigt einen Längsschnitt durch ein Mundfüßchen eines jungen Sphaerechinus granularis. Der Schnitt geht durch die Axe des Füßchens und zugleich durch den Nervenhügel. Ein Nervenzug verläuft in der Wandung, um im Nervenpolster zunächst zu enden und sich hier ringförmig auszubreiten. Von diesem Nervenring gehen Nervenzüge aus zur Saugplatte. Das Epithel ist zum größten Teil aus Sinneszellen gebildet, wie Macerationspräparate (Drittelalkohol und Hertwig'sches Osmium-Essigsäure-Gemisch) ergaben. Die feinen Nervenfibrillen verlaufen im Epithel zwischen den basalen Fortsätzen der Stützzellen.

Die Cutis (Bindesubstanzschicht) ist im Endteile der Saugplatte stark verdickt, während sie im Fußteile ungemein gering entwickelt ist. Sie besteht aus vier durcheinander geschlungenen Fasern und Zellen von gewöhnlicher Gestalt. Pigmentzellen finden sich oft in Menge vor. Bei Arbacia pustulosa ist das Pigment schwarz und liegen die Zellen oft zwischen die Epithelzellen eingekeilt.

Nach der Längsmuskelschicht zu liegt die etwa 0,002 mm starke elastische Bindegewebsmembran, welche sich aus ringförmig verlaufenden Fasern zusammensetzt, die miteinander durch Äste und Verzweigungen verbunden sind. Das das Lumen des Füßchens auskleidende Epithel besteht aus kubischen Wimperzellen.

Die Mundfüßchen eines anderen Tieres — Echinus acutus wähle ich zur Beschreibung — zeichnen sich durch ihre bisquitförmige Endscheibe aus, welche ungefähr 1,5 mm der Länge nach mißt. Die Breite der Platte beträgt etwa die Hälfte.

Der Nervenzug endet unterhalb der Platte, um sich ringförmig im Epithel gelegen auszubreiten. Auch Nervenzüge, welche zu dem Epithel der Platte ziehen, sind im Epithel gelagert und verlaufen zwischen den Fortsätzen der Stützzellen, durch eine kaum wahrnehmbare Basalmembran von der Cutis getrennt. Die Ausbreitung der Nervenfasern an der Basis der Epithelzellen der Platte ist deshalb schwierig zu verfolgen, weil Pigmentzellen und freies körniges Pigment zwischen den Zellen liegen.

Die Fortsätze der Stützzellen verzweigen sich nicht in der Bindesubstanz, sondern enden auf der Basalmembran. Es ist mithin das Epithel, die Epidermis streng geschieden von der Cutis. Das Gegenteil trifft man an den Saugfüßchen, zu deren Beschreibung ich mich jetzt wende.

Die Saugfüßchen.

Wiederholen sich auch dieselben Schichten der Wandung in gleicher Reihenfolge, wie bei den zwei beschriebenen Typen von Füßchen, so bieten doch im einzelnen die Saugfüßchen einen abweichenden Bau.

Bei Mund- und Tastfüßchen ist die Muskulatur nicht in der für Saugorgane typischen Form angeordnet, daß ihre Fasern sich im Zentrum der Saugplatte inserieren und von hier aus strahlenförmig sich ausbreiten, um dann in der Wandung zu verlaufen.

Weiter sehen wir, daß die Epithelzellen der Saugplatte mit basalen Fortsätzen versehen sind, die sich in der Cutis verzweigen und sich in nichts unterscheiden von den Bindegewebsfasern.

Diese eben berührten Verhältnisse sind an Schnitten, besonders Längsschnitten, an den Füßchen von Arbacia pustulosa schön zu erkennen, während der Verlauf des Nerven mit seinen Verzweigungen besser an solchen Organen erkannt wird, welche von Pigment möglichst frei sind, wie beispielsweise die Füßchen von Echinus acutus.

Alle Saugfüßchen sind durch ihre kreisrunde Saugplatte ausgezeichnet.

Mit Ausnahme der Saugplatte wimpert die Oberfläche der Füßchen. Die Wimpern sind sehr lang und deutlich im Leben zu erkennen. Auf der Saugplatte sah ich bei Dorocidaris papillata starre, unbewegliche Borsten in Abständen voneinander stehen. Die Saugplatte besitzt meist eine abweichende Farbe, als die des Stieles ist; so sind die Platten der Saugfüßchen von Centrostephanus longispinus vollkommen farblos, während der übrige Teil bald bräunlich, bald mehr durchsichtig gefärbt ist.

Die die Wandung zusammensetzenden Schichten sind von außen nach innen gerechnet, 1) das Wimperepithel mit besonderen Bildungen in der Saugplatte, 2) die Bindesubstanzschicht, aus Fasern zusammengesetzt, mit den meist halbmondförmig gestalteten Kalkkörpern und der Kalkrosette in der Platte, 3) eine (elastische) Membran mit cirkulär verlaufenden Fasern in einer Schicht, 4) die

longitudinalen Muskelfasern und nach innen die das Lumen auskleidende Epithelschicht.

1) Die Epithelschicht, welche die Ambulacralfüßchen überzieht, besteht in dem basalen wie mittleren Teile derselben aus cylindrischen Zellen, die meist an ihrer Basis Fortsätze besitzen, welche bis zu der Basalmembran, einem kaum erkennbaren hyalinen Häutchen, reichen. Ihre Gestalt ist in dem Teile modifiziert, wo der Nervenzug verläuft. In jedem Füßchen zieht ein Nervenzug, im Epithel gelegen, senkrecht bis zur Basis der Saugplatte (vergl. Figur 1 auf Tafel 10). Die basalen Fortsätze der Epithelzellen sind teilweise starr und durchsetzen die Nervenfaserschicht senkrecht. Das Ende der Fortsätze erscheint oft am Ende fußartig verbreitert (Fig. 7 Taf. 10). An anderen Zellen lassen sich mehrere Ausläufer unterscheiden, deren Verhalten ein gleiches ist. Zwischen diesen Epithelzellen trifft man auf Zellen, deren Leib viel schlanker, fadenförmig ist, und welche einen länglichen, ovalen, schmächtigen Kern besitzen. Ihre Fortsätze sind von feinerer Gestalt und scheinen sich in der Nervenfaserschicht zu verzweigen. Es ist nicht leicht, dies genau und sicher zu eruieren, da beide Zellformen nicht immer deutlich voneinander zu unterscheiden sind.

Der Nervenzug, auf dem Querschnitt annähernd kreisförmig gestaltet, besteht lediglich aus feinsten Fasern, zwischen denen bipolare Zellen, seltener multipolare eingestreut liegen. Diese Zellen stimmen in Größe, Form und Gestalt mit den Zellen in den fünf Hauptnervenstämmen und dem Gehirnring überein und sind die Ganglienzellen. Ein Zellbelag auf der Oberfläche des Nervenzuges, wie man ihn an den Hauptstämmen trifft, findet sich niemals vor. Der Nervenzug schwillt unterhalb der Saugplatte an und ist diese Anschwellung meist schon äußerlich als hügelartige Hervorwölbung zu erkennen (Fig. 1, 5, Taf. 10 *NP*). Die Nervenzüge nun, welche zum Epithel der Saugplatte treten, nehmen von dieser Anschwellung der Nervenplatte ihren Ursprung und durchsetzen die Bindesubstanz, um mit Epithelzellen der Saugplatte in Verbindung zu treten.

Diese Nervenverzweigungen habe ich genauer verfolgt bei Echinus acutus (Fig. 1, 2, 3, 5) und Arbacia pustulosa (Fig. 4 Taf. 10).

Immer sind es zwei Nervenzüge, welche zum Epithel ziehen. Auf Längsschnitten durch den Endteil eines Saugfüßchens kann

man diese Züge in ihrem Verlaufe untersuchen, nur muß die Schnittebene durch das Zentrum der Saugplatte, wie durch die Längsaxe desselben gehen. Fig. 2 Taf. 10 (Echinus acutus) zeigt einen solchen Längsschnitt teilweise. Mit *NP* ist das Nervenpolster, das aber nicht in seinem Zentrum, wo es die größte Dicke besitzt, getroffen ist, bezeichnet. Der eine Nervenzug *N* tritt aus der Epithelschicht aus, durchsetzt die Cutis, die Bindegewebsschicht *bg* der Saugplatte und zieht, zwischen der Kalkrosette und dem Epithel gelegen, zum Rande der Saugplatte, um hier in Epithelzellen von besonderer Beschaffenheit zu enden. Die Epithelzellen sind von feinster Gestalt, fadenförmig und besitzen einen länglich ovalen Kern. Basalwärts setzen sie sich in feinste Ausläufer, Nervenfasern, fort. Es ist der ganze Rand der Saugplatte als besonders nervöser Teil aufzufassen, indem auch auf solchen Schnitten, auf denen der Nervenzug nicht getroffen worden ist, das Epithel die gleiche Beschaffenheit zeigt und basalwärts die dann querdurchschnittenen Nervenfasern erkennen läßt. Somit existiert ein marginales Nervenepithel mit einem basalen Nervenring, von dem zwei Nervenzüge abgehen. Bisher habe ich nur den einen dieser Nervenzüge (mit N^1 in Figur 2 und 5 Tafel 10 bezeichnet) geschildert. Um auch den Verlauf des zweiten verfolgen zu können, erfordert es Tangentialschnitte, welche zugleich das Nervenpolster mit treffen. Ein solcher tangentialer Längsschnitt ist von einem Saugfüßchen derselben Art (Echin. acut.) in Figur 5 abgebildet. Aus dem Nervenpolster *NP* tritt nach oben der schon in seinem Verlaufe beschriebene Nerv N^1 aus. Ein zweiter Nervenzug N^2 verläßt dasselbe rechtwinklig, um zu der beinahe entgegengesetzten Seite der Saugplatte zu gelangen und dann, immer in der Bindesubstanzschicht gelagert, im Bogen zum Epithel zu ziehen und im Sinnesepithel des marginalen Nervenringes *NR* zu endigen.

Vom Nervenring gehen feinste Nervenfibrillen ab, welche sich zwischen den Ausläufern der Epithelzellen der Saugplatte ausbreiten, meist gruppenweise angeordnet. Bei Echinus acutus (Fig. 2) ist die Nervenschicht, welche unterhalb des den Kern bergenden Teiles der Epithelzellen liegt, mit *nf* bezeichnet. Figur 4 zeigt auf einem zentralen Längsschnitt die Nervenfaserzüge quer durchschnitten, dann trifft man eine feingekörnte Substanz an *qunf*. In Figur 2 ist ein Stück eines tangentialen Längsschnittes stärker vergrößert wiedergegeben. Die Nervenfasern, zwischen denen Ganglienzellen liegen, sind der Länge nach durch die Schnittebene

getroffen, da sie kreisförmig, konzentrisch zu einander verlaufen. Die einzelnen Fasern *nf* sind durch ihre Färbung und Aussehen von gefärbten Bindegewebsfasern leicht zu unterscheiden, so daß eine Täuschung, ob Nervenfaser, ob Bindegewebsfaser, sobald erstere zu mehreren zusammenliegen, nicht wohl möglich ist.

Daß auch im zentralen Teile der Saugplatte Epithelsinneszellen sich finden und nicht nur im marginalen, ist von vornherein zu erwarten. Zerzupfungspräparate haben mir aber ebensowenig wie feinste Schnitte darüber ein sicheres Resultat ergeben.

Die im Gegensatz zu den Sinneszellen als Stützzellen zu bezeichnenden Zellen des Epithels der Saugplatte sind von denen am übrigen Teile der Füßchen sich befindenden durch ihr Verhalten der Bindegewebsschicht gegenüber unterschieden.

Daß sich basale Fortsätze dieser Epithelzellen direkt in der Bindesubstanz verzweigen, lehren am besten Schnitte durch die Füßchen von Arbacia pustulosa. Die Füßchen anderer Arten, so Echinus acutus, melo etc. lassen wegen der gruppenweisen Ansammlung von Bindegewebszellen dieses Verhalten nicht so deutlich hervortreten.

An mit Pikrokarmin[1]) tingierten Füßchen (von Tieren, die mit Chromsäure getödtet waren) wird die Bindesubstanzschicht mit ihren Fasern rosa gefärbt, während die Muskulatur strohgelb erscheint.

Alle Fasern, auch die der Epithelzellen, treten durch ihre rote Färbung hervor. Fig. 4 auf Taf. 10 zeigt das Verhalten der Fortsätze, welche senkrecht zur Kalkrosette ziehen und zwischen deren Poren ihren Verlauf nehmen. Die isolierten Epithelzellen sind von spindliger Gestalt. Ein Fortsatz zieht zur Peripherie, während der Zellleib, der den ovalen Kern in sich schließt, basalwärts in eine oder mehrere Fortsätze ausläuft. In Figur 3 sind diese Fortsätze, die sich in ihrem Verhalten und ihrer Gestalt in nichts von den echten Bindegewebsfasern unterscheiden lassen, mit *f* bezeichnet. Sie legen sich oft zu mehreren zusammen und wird dann der Raum zwischen ihnen durch Bindesubstanzzellen ausgefüllt, die durch ihre sich stark tingierenden Kerne hervortreten. Daß diese Fasern untereinander sich mehrfach verfilzen und in den Poren der Kalkrosette ein Netzwerk bilden, geht schon aus Schnitten an nicht oder wenig entkalkten Füßchen

1) Aus dem Laboratorium von Ranvier in Pulverform bezogen.

hervor. Unterhalb der Kalkrosette sieht man die Fasern oft zu mehreren verfilzt wieder aus derselben heraustreten.

2) Die Bindegewebsschicht der Saugplatte, zu der wir so in der Beschreibung übergegangen sind, wird weiter gebildet von den starken, dicken Fasern, die ich eben nannte, welche nun in der Wandung der Füßchen longitudinal verlaufen und eine starke innere Schicht von Fasern bilden. Diese Schicht erscheint an kontrahierten Füßchen von welligem Verlaufe, wie Figur 4 erkennen läßt. Außer diesen starken, parallel miteinander verlaufenden Fasern sind Zellen *zm*, oft zu Gruppen angehäuft, vorhanden. Bei Echinus acutus (Figur 2 Tafel 10) liegen sie in großer Menge zusammen. Meist besitzen sie keine Ausläufer, sondern scheinen von kugliger Gestalt zu sein. Die äußere Lage der Bindesubstanzschicht *bga* wird von wenig Zellen und feinen Fasern von unregelmäßigem Verlaufe gebildet und nur die innere centrale *bgi* in Fig. 2 wird von den longitudinalen Fasern zusammengesetzt.

Außer der Kalkrosette liegen sowohl in der Bindesubstanzschicht der Platte als auch in den übrigen der Wandung halbmondförmige Kalkgebilde. Sie scheinen bei keiner Art zu fehlen. Ihre Größe ist eine wechselnde. Diese Kalkgebilde sind von Hoffmann und Valentin bereits beschrieben und abgebildet worden.

Besondere Erwähnung verdienen die Pigmentzellen, welche in feinen Körnchen ein bei verschiedenen Arten verschiedenes Pigment tragen. Es sind Bindegewebszellen und lagern sie in dieser Schicht. Nur selten dringen sie zwischen die Epithelzellen ein, so bei Arbacia pustulosa. Oft hat es auch den Anschein, als ob das Pigment nicht in Zellen, sondern lose gehäuft vorhanden sei. Doch scheint das letztere nur der Ausnahmefall zu sein.

Die innerste Lage der Bindesubstanzschicht bildet eine Membran, die aus cirkulär verlaufenden Fasern sich zusammensetzt. Diese Fasern sind in einer Ebene zu einer Lage zusammen verschmolzen. Es ist diese Membran dieselbe Schicht, welche von vielen früheren Autoren als Ringsmuskelschicht angesehen wird. An stark contrahierten Füßchen erhält man auch stets das Bild, als wären Cirkulärfasern vorhanden. Zerzupft man jedoch mit Pikrokarmin gefärbte Füßchen, so gelingt es, die Membran in Fetzen zur Ansicht zu bekommen. Sie erscheint wie die Bindesubstanzschicht mit ihren Fasern rosa gefärbt. Fig. 6 auf Tafel 9 zeigt ein Stück derselben. Hier ist die Membran gefenstert,

indem Lücken zwischen den miteinander verklebten Fasern geblieben sind.

Daß man es nicht mit Muskelfasern zu thun hat, dagegen spricht vor allem, um es nochmals zu betonen, das von Muskelfasern verschiedene Verhalten gegen Färbemittel.

Daß auch bei Mund-Tastfüßchen diese Membran vorkommt, und zwar in derselben Bildung, will ich hier noch besonders erwähnen. Diese Membran läßt sich bis zur Saugplatte verfolgen, nach innen von ihr inserieren die Muskelfasern, zu denen ich mich jetzt wenden will.

3) Die Muskulatur eines Füßchens besteht nur aus longitudinal verlaufenden glatten Muskelfasern, zu denen noch bisher unbekannte Quermuskeln kommen. Zirkuläre Fasern sind niemals vorhanden und beruht ihre Beschreibung stets auf einer Verwechslung [1]) mit der Membran.

Die Muskelfasern liegen nach innen von der aus cirkulären Bindegewebsfasern gebildeten Membran. Sie besitzen den gewöhnlichen Bau und verzweigen sich hier und da. Im Zentrum der Saugplatte inserieren die Muskelfasern und strahlen radienförmig aus, um dann miteinander parallel in der Wandung zu verlaufen. Zwischen ihnen liegt eine geringe Menge Zwischensubstanz, in der sie gleichsam eingebettet liegen. Ihr Verhalten in der Saugscheibe lassen die Fig. 2 und 4 Tafel 10 erkennen.

Das Lumen der Füßchen wird im basalen Teile durchzogen von Muskelfasern, die wie Seile zwischen den gegenüberliegenden Wandungen ausgespannt sind. Die meist zu mehreren zusammenliegenden Fasern werden von dem Epithel, welches den Hohlraum auskleidet, überzogen. Es gehören diese Quermuskeln zur Längsmuskulatur, mit der sie stets noch in Zusammenhang stehen.

4) Das Wimperepithel setzt sich aus kubischen Zellen zusammen, die oft stark abgeplattet sein können. Ihr Kern ist kugelig, tingiert sich stark, während der Zellleib selbst fast ungefärbt bleibt. Wegen seiner Kleinheit ist weiteres über seinen feineren Bau nicht zu eruieren. Schon frühzeitig wurden die Schichten der Wandung der Ambulacralfüßchen beschrieben. Daß ein Epithel, eine Bindegewebsschicht und eine Längsmuskel-

1) Es ist somit das von Ludwig für die Asteriden aufgestellte Gesetz, daß sich im Wassergefäßsystem Rings- und Längsmuskelfasern ausschließen, auch für die übrigen Klassen, Holothurien und besonders Echiniden, gültig, bei denen es nach den verschiedenen Angaben bisher zu bezweifeln war.

lage, nach anderen auch eine Ringmuskelschicht vorhanden sei, wurde von den meisten Forschern erkannt. Durch den letzten Beobachter dieser Gebilde, Köhler, wurden die einzelnen Schichten in der Cutis beschrieben, ihr Verhalten jedoch in der Saugplatte nicht genau beobachtet. Eine Abbildung eines Saugfüßchens, die dieser Forscher giebt, zeigt, was auch aus dem Text hervorgeht, daß der Verlauf der Nerven mit seinen Verzweigungen, das marginale Nervenepithel u. s. w. ihm noch vollkommen unbekannt geblieben ist. Ein Teil der Bindesubstanz und zwar gerade derjenige, in welchem die Kalkgebilde, die Rosette liegt, wird als Plexus nerveux beschrieben. Hätte Köhler[1]) unentkalkte Füßchen auf Schnitten untersucht, so würde ihm dieser Irrtum erspart geblieben sein. Prüft man seine Abbildung (Fig. 48 auf Pl. 7), so wird man sofort erkennen, daß gar kein Platz für die Kalkkörper vorhanden wäre, wenn seine Ansicht Anspruch auf Wahrheit hätte; sie müßten denn gerade in seinem Plexus nerveux liegen. Als Nervenfasern deutet er infolgedessen auch die langen Fortsätze der Epithelzellen, deren Zusammenhang übrigens mit den longitudinalen Bindesubstanzfasern außer allem Zweifel steht. Seine weitere Behauptung, daß sämtliche Ambulacralfüßchen den gleichen Bau zeigen sollen, zeigt sich nach den oben mitgeteilten genauen Angaben als ebenfalls nicht stichhaltig.

Das Nervensystem im Darmtractus.

Die in den verschiedenen Teilen des Darmes sich findenden Nerven hängen zusammen mit dem Gehirnring.

Wie ich oben auseinandersetzte, ist der Gehirnring mit dem Schlund an zehn Stellen befestigt. In diesen zehn Bändern verlaufen zehn Nervenäste, welche vom Gehirn abgehen und in das Epithel des Schlundes eintreten (Fig. 1 Taf. 1). Jeder dieser Nervenäste besteht aus feinsten Nervenfasern mit eingestreuten Ganglienzellen. Auf dem Querschnitt durch den Schlund trifft man die einzelnen Nervenzüge in Gestalt von ovalen oder kugligen feinkörnigen Gebilden (Fig. 6 Taf. 8). Zwischen diesen Körnchen der quergetroffenen, longitudinal verlaufenden Nervenfasern liegen die Ganglienzellen *gz*, welche durch die stärkere Färbung ihres Leibes aus den hellrosa gefärbten Nervenfasern sich hervorheben

1) Köhler, in: Annales du Musée de Marseille. Zoologie, Mém. 3.

(nach Behandlung mit neutraler Karminlösung). Aus der großen Anzahl dieser auf dem Querschnitt getroffenen Nerven geht hervor, daß sich die ursprünglich zehn Äste in eine Anzahl von Bündeln aufgelöst haben. Der Durchmesser dieser einzelnen Bündel variiert im Schlund zwischen 0,013 und 0,026 mm (Magendurchm. 4 mm Spaerechinus granularis). Fig. 6 auf Taf. 7 giebt einen Längsschnitt durch den Schlund von Centrostephanus wieder. Zwischen den Fortsätzen der langen Darmepithelzellen ziehen die zu einem Bündel vereinigten Nervenfasern *nf*. Im Dünndarm lassen sich die Nervenbündel noch leicht auffinden. Im Endtheil desselben, sowie im Rektum haben sie an Umfang abgenommen und ist es schwierig, die oft in geringer Menge vorhandenen Fasern zu erkennen.

Daß vom Gehirnring Nerven nach dem Darmtractus abgehen, hat Frédéricq [1]) zuerst beschrieben. Der Bau und ihr Verlauf ist jedoch dem letzten Beobachter, Köhler [2]), unbekannt geblieben. Köhler erwähnt ebensowenig die Nerven des Darmes, als er sie abbildete. Sie scheinen ihm mithin gänzlich entgangen zu sein.

Die Sphäridien und ihr basaler Nervenring.

Die von ihrem Entdecker Sven Lovén als Sphäridien benannten Hautorgane sind noch immer als Sinnesorgane, denen man aber eine bestimmte Funktion mit Sicherheit nicht zuweisen konnte, wenig beschrieben geblieben.

Bei Centrostephanus longispinus bestehen sie aus einem eiförmigen, 0,3 mm langen glashellen Gebilde, welches durch einen kurzen Stiel auf der Hautoberfläche befestigt ist. Der gedrungene eiförmige Kopf schwingt bald nach dieser, bald nach jener Seite. Schneidet man eine Globifere hart an der Anheftungsstelle von der Haut ab und untersucht sie in Seewasser, so erkennt man leicht die langen Wimpern, welche an der Basis des Stieles lebhaft hin und her schwingen, während nach dem Kopfende zu die Wimpern an Länge abnehmen und auch spärlicher stehen.

Jede Sphäridie wird vom Körperepithel überzogen. Dasselbe nimmt an Höhe ab und überkleidet den eiförmigen Kopf in Gestalt

---

1) Frédéricq, loc. cit.
2) Köhler, loc. cit.

eines Plattenepithels. Von der Oberfläche betrachtet, zeigt uns dasselbe den bekannten Anblick der sechseckigen Zellen. Ein kugelig bis ovaler Kern liegt in der Mitte der Zellen, deren Zellsubstanz sich fast gar nicht mit Karmin färbt. Dieses Plattenepithel schließt den Kalkkern, das eiförmige Skelett ein, welches aus einem soliden Kalkkörper von glasig heller Beschaffenheit besteht und nur im Centrum von wenigen untereinander in Kommunikation stehenden Lücken durchzogen wird. In diesen Lücken sind Zellen und Fasern, sowie wenig (unverkalkte) Zwischensubstanz der Bindesubstanz erhalten. Der solide Kalkkörper ist nicht immer so glashell wie bei Centrostephanus longispinus; bei Strongylocentrotus lividus beispielsweise erscheint die mittlere Partie grasgrün gefärbt.

Dieses das Centrum des Kopfes ausfüllende Kalkgebilde ruht in gleicher Weise wie das Kalkskelett eines Stachels mit seinem Ende, welches mehr abgeplattet ist, auf einem Kalkhöcker der Cutis der Körperwand. Seine Befestigung und Bewegung geschieht mittels glatter Muskelzellen, welche an ihren Enden zerfasert sind (vergl. den Längsschnitt durch eine Sphäridie, Fig. 1 auf Taf. 13).

Zur Untersuchung dieser Verhältnisse, sowie um den Verlauf der zu den Sphäridien ziehenden Nerven zu verfolgen, benutzte ich junge Spatangus purpureus. Ein Stück der Mundhaut mit den pinselförmigen Füßchen und den zwischen ihnen sitzenden Sphäridien wurde in 0,3prozentiger Chromsäure entkalkt und mit neutraler Karminlösung gefärbt. Fig. 1 stellt einen Längsschnitt dar. Mit *K* ist der Hohlraum bezeichnet, welchen der Kalkkern erfüllte. In seiner Basis ist die Bindesubstanz noch erhalten. Man sieht, wie der Kalkkern auf einem Kalkhöcker der Cutis festsitzt. Rechts und links sind die cirkulär angeordneten Muskelfasern *M* zu sehen. An der Basis der Sphäridie ist das Epithel verdickt, und zwar im Umkreis derselben, so daß man von einem Ringwulst sprechen kann. Auf Schnitten sieht man, daß es sich um haarförmige, feine Zellen, wahrscheinlich größtenteils Epithelsinneszellen, handelt. Jede Zelle trägt eine lange Geißel. Der Nachweis, daß diese Zellen mit der darunter liegenden Nervenfaserschicht in Zusammenhang stehen, gelang mir bei der ungemeinen Zartheit des Objektes nicht.

In diesem epithelialen Ringwulst verläuft ein cirkulärer Nervenring, welcher in Verbindung steht mit den peripheren Hautnerven *nf*. Von ihm lassen sich Nervenfasern verfolgen, welche an die Muskelschicht herantreten.

Die Existenz eines solchen Nervenringes, der sich zusammensetzt aus kreisförmig verlaufenden Nervenfasern, ist Ayers, der die Struktur der Sphäridien zuletzt untersucht hat [1]), entgangen. Fig. 2 auf Taf. 13 stellt einen Teil des Längsschnittes Fig. 1 stärker vergrößert dar, und zwar den quer durchschnittenen Ringwulst. Mit *N* sind die Nervenfasern bezeichnet. Die langen Wimpern sind nach einem lebenden Präparat eingezeichnet worden.

Noch zu erwähnen ist, daß Pigmentzellen bei Spatang. purpur. am Stiel und auch am Anfangsteil des Kopfes oft in großer Anzahl im Epithel liegen und bei vielen Arten eine besondere Färbung erzeugen [2]).

Der Entdecker der Sphäridien Lovén glaubt in diesen Organen Sinnesorgane zu sehen, welche den Geschmacksorganen zuzuzählen wären, indem er an ihre Lage in der Nähe des Mundes dachte. Ayers stellt nun die Ansicht auf, daß es sich um Gehörorgane handeln möge, welche den Otolithensäcken der Synapta gleichzusetzen wären. Sie würden demnach auch mit jenen Gehörbläschen zusammengehören, wie sie bei den Tiefsee-Holothurien, den Elasipoden in jüngster Zeit bekannt geworden sind. Mit allen diesen Organen haben sie aber morphologisch sicher nichts gemein. Die Sphäridien sind umgewandelte Stacheln. Und dies wird noch sicherer bewiesen durch das Vorkommen des Ringnerven, den ich bei ihnen wie bei den Stacheln aufgefunden habe. Ob sie Erschütterungen u. s. w. des Wassers vermitteln, lasse ich dahingestellt sein, jedenfalls hat eine solche Ansicht viel für sich.

Die Nervenzüge in den Pedizellarien.

Ein ausgezeichnetes Färbemittel, die Nervenzüge in der Bindesubstanz leicht aufzufinden, ist das neutrale Essigkarmin. Während die letztere in ihrer Grundsubstanz kaum einen Ton annimmt, färben sich die Fibrillen mit ihren Zellen, mit Ausnahme des Kernes, der sich tiefer tingirt, nur wenig. Hingegen nehmen die Nervenfasern den Farbstoff besser auf und sind selbst in ihren feinsten Geflechten an ihrer hellrosa Färbung zu unterscheiden. Treten sie aber zu Nervenzügen zusammen, so bieten sie durch

---

1) Ayers, Structure and Function of the Sphaeridia of the Echinides, in: Journ. Micr. Sci., 26. 1885. m. t.

2) Vergl. ebenda.

ihren tiefroten Ton ein Kennzeichen, das sie wieder von den durch eine tiefere Nuance sich abhebenden Muskelfasern leicht unterscheiden läßt.

Die mit Boraxkarmin gefärbten Präparate geben nicht annähernd so brauchbare Präparate. Färbte ich nun noch nachträglich mit wässriger Hämatoxylinlösung (3 Prozent) und wusch in Alaunwasser (1 Prozent) aus, so traten die Nervenzüge mit ihren Ganglienzellen noch distinkter hervor. Während die Kerne der Bindesubstanzzellen fast schwarz erschienen, waren die Kerne der Ganglienzellen durch ihre helle Färbung inmitten des dunklen gefärbten Zellleibes ausgezeichnet deutlich zu sehen. Diese Verschiedenheit in der Aufnahme des Farbstoffes beruht wohl auf der verschiedenen Menge des Nucleins, welches in den Kernen der Ganglienzellen in geringerer Menge eingelagert ist als in den der Bindesubstanzzellen. —

Die Nervenzüge, welche in dem Stiel einer Pedizellarie verlaufen, sind in verschiedenster Anzahl bei den verschiedenen Formen vorhanden.

Die Nervenzüge bestehen aus zu Bündeln angeordneten feinsten Fibrillen, welche miteinander parallel verlaufen. Dem Bündel außen anliegend finden sich Ganglienzellen vor. Besonders an denjenigen Stellen, wo von den Nervenzügen Zweige seitlich abgehen, sind sie stark angehäuft. (Figur 2 Tafel 5.)

Der Durchmesser der Nervenzüge ist ein verschiedener und wechselt nach der Größe der Pedizellarie und der des Seeigels. Bei Sphaerechinus granularis variiert der Durchmesser in den Nervenstämmen der Pedicellariae gemmiform. zwischen 0,015 und 0,03 mm. Bei den kleinen Pedizellarien von Echinus microtuberculatus sind sie nur 0,007 mm stark.

Von den Hauptstämmen, welche in den Kopf der Pedizellarie eintreten, verlaufen in allen Fällen drei bis zur Spitze, in jeder Greifzange einer, um die Sinnesorgane, welche basalwärts von letzteren liegen, sowie das Epithel, welches dorsalwärts von der Kalkspitze liegt, zu versorgen. — (Verg. Fig. 1 auf Taf. 5; Fig. 6 auf Taf. 3.)

Diese drei Hauptstämme steigen empor in den Interstitien der drei Muskeln, welche die Greifzangen bewegen, und hier treten Fibrillen nach allen Seiten in die Muskulatur ein. Ganglienzellen, meist multipolare, findet man in diesem Teile ihres Verlaufes in großer Anzahl vor. (Vergl. Fig. 2 auf Taf. 5.)

Die Topographie dieser Nervenstämme mit all' ihren feinsten Verzweigungen habe ich bei der Beschreibung der Pedizellarien gegeben, sodaß ich mich hier nur auf den Bau derselben einzulassen brauche.

Die feinsten Verzweigungen, welche zum Epithel abgehen, bestehen immer aus mehreren feinsten Nervenfasern, denen noch, jedoch selten, Ganglienzellen anliegen können. Oft gelingt es, den Hinzutritt zu einzelnen Epithelzellen zu verfolgen, und dann zeigt es sich, daß die Nervenfaser direkt übergeht in den Zellleib der Epithelzellen. In anderen Fällen, besonders bei den kleinen Formen von Pedizellarien (Echinus microtuberculatus), glückte es mir nicht, dies zu beobachten, doch glaube ich nicht, daß die Verhältnisse bei diesen wesentlich verschiedene sein sollten. — Die Größe der Ganglienzellen ist schwierig zu bestimmen. Die bipolaren Zellen sind von spindliger Gestalt. Ihr Längsdurchmesser beträgt etwa 0,01 mm. Fast den größten Teil der Zelle nimmt der länglich-ovale (Längsdurchmesser 0,006 mm) Kern ein, dessen Membran sich stark absetzt und den hellrosa gefärbten Kernsaft mit dem Kerngerüst einschließt. Letzteres ist gering entwickelt.

Die multipolaren Ganglienzellen besitzen einen bald kreisrund, bald mehr oval geformten Kern (Durchmesser 0,004 bis 0,01 mm). Der Zellleib besteht aus einer fein granulierten Substanz, die sich hellrosa mit neutraler Karminlösung tingiert.

Die Sinnesorgane der Pedizellarien.

a) Sphaerechinus granularis.

Sladen beschreibt auf jeder Innenseite einer Greifzange, da wo dieselbe mit der benachbarten zusammenstößt, eine kissenförmige Erhebung, welche er für ein Sinnesorgan erklärt. Eine Abbildung zeigt uns, daß er die allgemeine Gestalt dieser Tasthügel, wie ich diese Organe nennen will, erkannt hat, einen Zusammenhang mit einem Nerven jedoch nicht konstatieren konnte. Romanes und Ewart schreiben den bei unserer Art leicht schon bei schwacher Loupenvergrößerung kenntlichen Sinnesorganen eine Tastfunktion zu, ohne etwas von Nervenendigungen zu berichten. Mit Hilfe der Untersuchung an der frischen Pedizellarie wie an Schnittpräparaten ist es mir gelungen, den feineren Bau wie besonders den der Nervenendigungen klarstellen zu können.

Die Lage der Tasthügel ist unter Vergleichung mit Fig. 1, Taf. 2 am schnellsten zu erkennen.

Jeder Tasthügel hat die Gestalt einer Halbkugel, auf deren Peripherie zapfenartige Erhebungen nach außen hervortreten. Auf jeder derselben ist eine Anzahl starrer unbeweglicher Haare, Tasthärchen angeordnet, die wie Stacheln hervorragen.

Ein Längsschnitt durch einen Tasthügel (Fig. 2, Taf. 2) zeigt diese zapfenartigen Erhebungen in verschiedenen Malen durchschnitten. Über jede Erhebung zieht die Cuticula, welche die Epithelschicht nach außen überkleidet, hin. Unterhalb der Erhebung sind Zellen knospenartig angeordnet, und wir sehen, wie jede Knospe sich nach außen hin hervorwölbt. Das Epithel, welches die Tasthügel zusammensetzt, besitzt eine Höhe von ungefähr 0,06 mm und geht ziemlich unvermittelt über in das gewöhnliche Epithel, welches die Pedizellarien überzieht.

In halber Höhe der Tasthügelzellen liegt eine feinfasrige Masse, welche sich im Centrum jedes Hügels verdickt zeigt und hier die Basalmembran durchbricht und in Gestalt eines Faserzuges in die Bindesubstanz eintritt. Dies ist der Nervenzug, welcher zwischen den Enden von je zwei Zangenmuskeln nach der Tiefe der Pedizellarie und dem Stiele derselben zu verläuft.

Die Zellen des Tasthügels sind sämtlich von langer, schmächtiger Form sowohl in den einzelnen Knospen wie zwischen denselben. Sie sind zarte Fäden, welche einen ovalen, sich stark mit Karmin, Hämatoxylin tingierenden Kern zeigen. Letzterer liegt entweder im oberen Teile der fadenförmigen Zelle oder mehr dem Centrum genähert und ist von Plasma umgeben. Dadurch erlangen die Zellen eine spindelförmige Gestalt. Der eine Fortsatz läuft zur Peripherie, während der basale Fortsatz zweierlei Verhalten zeigt. Einmal ist derselbe von feinster Beschaffenheit und kann sich in zahlreiche feinste Fibrillen verzweigen, welche mit dem Fasergeflecht, der Ausbreitung des Nervenzuges, in Zusammenhang stehen. Das sind die Sinneszellen, welche sich zugleich durch ihren peripheren Fortsatz weiter auszeichnen. Dieser setzt sich fort in ein feines, starres, haarähnliches Gebilde, welches auf der Cuticula unbeweglich aufsitzt. Diese feinen Tasthaare lassen sich selbst an Schnittpräparaten noch deutlich, wenigstens teilweise, konstatieren. Andere Zellen, welche sowohl in den Knospen wie zwischen ihnen stehen, zeichnen sich durch den stärkeren Bau ihres basalen Fortsatzes von den Sinneszellen aus. Ihr Fort-

satz durchsetzt das Nervenfasergeflecht senkrecht und steht in Verbindung mit der Basalmembran, welche ihrerseits kleine Hervorragungen bildet (vergl. Fig. 2, Taf. 2). Diese Zellen, welche sich von den Epithelzellen durch ihre schlanke, fadenförmige Gestalt auszeichnen und vielleicht im Leben Wimpern tragen, will ich als Stützzellen aufführen. Sie setzen also mit den Sinneszellen im Verein die Knospen zusammen. Zwischen denselben finden sich beide Zellformen zerstreut vor.

Zwischen den Nervenfasern, welche das Geflecht bilden, liegen Zellen mit ovalem deutlich hervortretenden Kerne. Diese besitzen bald zwei, meist aber, wie Klopfpräparate, an feinsten Schnitten hergestellt, zeigten, mehrere Fortsätze, welche in dem Geflecht verlaufen. Diese Zellen, welche übereinstimmen in ihrer Gestalt mit den Zellen, wie sie den Nervenzügen anliegen oder zwischen den Nervenfasern zerstreut vorkommen, sind die Ganglienzellen. Sie sind regellos zerstreut und liegen niemals truppweise zusammen.

b) Echinus acutus.

Bei dieser Art gelang es mir, eine ganze Anzahl von Sinnesorganen aufzufinden. Zunächst erwähne ich die drei unteren Tasthügel, welche jedesmal je einer auf der Innenseite am Grunde jeder der drei Greifzangen liegen. Von gleicher Zusammensetzung im feineren Bau sind die drei oberen Tasthügel, welche auf der Innenseite an der Basis der Kalkspitzen ihre Lagerung haben. Zu diesen kommen noch drei weitere Sinnesorgane, welche ebenfalls auf der Innenseite der drei Greifzangen ihren Sitz haben, aber offenbar von untergeordneter Bedeutung sind (*Sg* in Fig. 1). Außer diesen neun Sinnesorganen trifft man an den verschiedensten Stellen Nervenendigungen in dem Epithel, besonders in dem Teile, welcher die Schleimzellen trägt.

Auf der Figur 1 auf Tafel 5 sind die Tasthügel quer durchschnitten. Von ihrer wahren Größe (sie besitzen einen Längsdurchmesser von 0,13 mm) bekommt man erst einen richtigen Anblick, wenn man einen Längsdurchschnitt durch einen Tasthügel betrachtet, wie ihn Fig. 4, Taf. 5 wiedergiebt. Auf dieser Figur ist zugleich der Verlauf der Nervenstämme angegeben.

Während das Epithel auf dem Köpfchen der Pedizellarie auf der Außenseite ungemein niedrig ist, es beträgt seine Höhe etwa 0,003 mm, hat es da, wo die Schleimzellen gelagert sind, eine Höhe

von 0,016 mm, und in dem Tasthügel kommt die Hervorwölbung desselben durch die ungemeine Länge seiner Zellen, dieselbe beträgt 0,05 mm, zustande. Jeder Tasthügel setzt sich zusammen aus Zellen, deren basale Fortsätze eine faserige Masse bilden, aus welcher die einzelnen Nervenzüge austreten. Die Zellen sind ungemein schmächtig, fadenförmig. Ihr ovaler Kern liegt, von wenig Zellsubstanz umgeben, bald so, daß der periphere Fortsatz kleiner ist als der basale, oder aber, daß der basale Fortsatz der kleinere ist. Jede Zelle setzt sich fort in eine Wimper oder Tasthaar (?), welche noch an den Schnittpräparaten deutlich erhalten war. An Klopfpräparaten gelingt es leicht, die eben geschilderte Form dieser Sinneszellen zu eruieren. Ihre basalen Fortsätze reißen ungemein leicht ab, und schwer ist es, dieselben in dem Fasergeflecht auf weite Strecken zu verfolgen. Vollkommen im Bau gleichen den unteren Tasthügeln die oberen, so daß ich auf ihre Schilderung verzichten kann. Die übrigen Nervenendigungen in der Haut, und hierhin gehört die sich konstant findende Endigung eines Nervenastes in einem Sinnesorgan (*Sg* in Figur 1 auf Tafel 5), bestehen ebenfalls aus langen, fadenförmigen Zellen, deren basale Fortsätze direkt in Nervenfasern übergehen, welche sich zu dem austretenden Nervenaste formieren (vergl. Figur 6 auf Tafel 5). Der austretende Nervenast ist in seinem Verlauf dicht bedeckt von meist bipolaren Ganglienzellen.

c) Strongylocentrotus lividus.

Die zierlichen gemmiformen Pedizellarien dieser Art besitzen je eine Drüse, in jeder Greifzange dorsal gelagert.

Die noch lebende Pedizellarie läßt dieselben durch ihre gelbliche Färbung leicht erkennen. Schwarz gefärbte Pigmentzellen, welche, in der Bindesubstanz liegend, jeglicher Ausläufer entbehren, treten als schwarze Punkte vereinzelt auf (Figur 10, Tafel 3).

Auf der Innenfläche jeder Greifzange, der Basis derselben genähert, erhebt sich ein hügelartiges Gebilde, auf welchem starre Borsten unbeweglich stehen. Dieses Gebilde ist der Tasthügel, wie ich ihn nennen will, und die starren, langen Borsten, welche Zellen zugehören, will ich als Tastborsten aufführen. Daß auch bei den übrigen Arten und Gattungen Tastborsten auf den Tasthügeln neben leicht beweglichen Wimperhaaren stehen, habe ich schon oben geschildert. So schön, wie an den Pedizellarien dieser Art, habe ich sie jedoch sonst kaum wahr-

genommen. Der Bau der Tasthügel ist folgender: Das Epithel auf der Innenseite der Greifzangen ist im allgemeinen aus kubischen Zellen zusammengesetzt und werden die Tasthügel durch Zellen gebildet, welche eine fadenförmige Gestalt haben und deren basale Fortsätze sich in feine Fasern fortsetzen, welche in dem Nervengeflecht sich verzweigen. Fig. 9, Taf. 3 giebt den Teil eines Querschnittes durch eine Pedizellarie wieder, welcher die drei Tasthügel der Länge nach getroffen zeigt. Der Verlauf der drei Nervenäste — zu je einem Tasthügel tritt je ein Nervenast — ist nur auf Längsschnitten zu erkennen.

Kapitel 3.

Das Wassergefäfssystem.

Durch die Madreporenplatte, deren Poren durch keine Muskulatur geschlossen werden können, steht das Wassergefäßsystem in stets offener Kommunikation mit dem umgebenden Meerwasser. Der Steinkanal vereinigt in sich die verschiedenen Kanälchen der Madreporenplatte, durchzieht die Leibeshöhle und setzt sich oberhalb des Kauapparates fest, um hier einen Ringkanal zu bilden. Von diesem Ringkanal steigen fünf Kanäle auf der Außenfläche der Laterne herab und verlaufen parallel mit den fünf aus derselben hervortretenden radialen Hauptnervenstämmen, der Leibeshöhle zugekehrt (vergl. Fig. 1, Taf. 1, s. Figurerklärung). Diese fünf radialen (ambulacralen) Wassergefäßstämme geben seitlich Äste ab zu den Ampullen und Füßchen. Es enden die Wassergefäßstämme blind im Fühler, wie weiter unten beschrieben wird.

Es gehen nun aber von dem Ringkanal auf der Laterne noch weitere fünf Kanäle ab, welche in die fünf sogenannten Polischen Blasen, lungenähnliche Organe, eintreten.

1) Madreporenplatte und Steinkanal.

Der Bau der Madreporenplatte und des Steinkanals der Echiniden ist vollkommen übereinstimmend mit dem der Asteriden. Das gilt in Hinsicht des gröberen Baues, während der feinere Bau in einzelnen nebensächlichen Verhältnissen Abweichungen

zeigt, die als Vereinfachungen oder Rückbildungen angesehen werden müssen. Zur Schilderung wähle ich die Madreporenplatte eines jungen Echinus melo (Durchmesser 1 cm).

Durch die entkalkte Platte werden Vertikalschnitte angefertigt. Hierzu eignen sich am besten kleine Seeigel, bei denen der Kalk in geringerer Menge in der Körperwand abgelagert ist.

Figur 1 auf Tafel 11 zeigt einen Längsschnitt durch die Madreporenplatte und den Anfangsteil des Steinkanals *St-K*. Nur drei Poren sind mit ihren Kanälen getroffen. Bei älteren Tieren ist die Zahl derselben bedeutend vermehrt, und kommt es dann zur Bildung einer Ampulle, das heißt eines gemeinsamen Raumes, welcher sämtliche Porenkanäle aufnimmt. Aus diesem tritt der Steinkanal aus. Es existiert nur dieser Zusammenhang zwischen Porenkanälchen und Steinkanal. Ebensowenig wie bei den Asteriden stehen die Kanälchen mit anderen Hohlräumen in Verbindung.

Das Epithel, welches die Oberfläche der Madreporenplatte überzieht, zeichnet sich durch nichts von den an den übrigen Körperstellen vorkommenden Zellen aus. Dasselbe gilt von dem die Porenkanälchen auskleidenden Epithel, dessen Zellen mit langen Wimpern versehen sind, einen gleichen Höhen- wie Breitendurchmesser besitzen.

Der Steinkanal beginnt mit einer Krümmung. Er stellt ein mehrfach gekrümmtes Rohr dar. Seine Innenfläche ist vollkommen glatt. Zu solchen Bildungen, wie sie die Asteriden zeigen — in das Innere hervorspringende Schneckenwindungen — kommt es bei keiner der von mir untersuchten Formen. Ein Unterschied in der Bildung des Innenepithels ist jedoch zu erwähnen, welcher von großer Bedeutung für die Frage nach dem Austausch des Seewassers zu sein scheint.

Das Epithel setzt sich beim erwachsenen Tiere zusammen aus feinen Zellen, welche einen spindeligen Kern besitzen, wie es Figur 2 auf Tafel 11 zeigt. Zu jeder Zelle gehört eine feine Wimper. Eine Cuticula ist nicht vorhanden, die Wimpern sitzen vermittels Fußstücken auf dem Zellleib [1]), wie ich früher für einige Epithelien der Echinodermen und dann Frenzel [2]) für andere erwiesen hat.

---

1) Auf diese Verhältnisse konnte ich mich nicht näher einlassen, da ich nur an Schnitten den Steinkanal untersuchte und mir zunächst die Erforschung der anatomischen Verhältnisse am Herzen lag und ich das Eingehen auf feinste histologische Details beiseite lassen mußte.

2) Frenzel, Zum feineren Bau des Wimperapparates, in: Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 28. 1886.

An der dem drüsigen Organ zugewendeten Seite ist eine Lücke in dem Wimperepithel, hier stehen im ganzen Verlauf des Steinkanals Zellen von durchaus anderem Bau (Spaerechinus granularis). Diese Zellen sind von gleicher Höhe wie Breite und besitzen einen kugeligen Kern in ihrer hellen Zellsubstanz. Wimpern oder Reste von solchen fand ich nicht vor; dennoch glaube ich, daß auch diese Zellen im Leben Wimpern tragen werden. Von welcher Bedeutung diese Längsleiste von kubischen Zellen für die Funktion des Wassergefäßsystems sein mag, darüber kann man verschiedener Meinung sein. Daß durch den Steinkanal und die Madreporenplatte nicht nur Wasser ein-, sondern auch ausgeführt werden kann, ist von vornherein anzunehmen, da die Poren stets geöffnet sind, und ich glaube, daß im Steinkanal stets eine nach außen und eine nach innen führende Strömung vorhanden ist und diese durch die Verschiedenheit im Epithel und der Wimperung vermutlicherweise zustande kommt.

Die Wandung des Steinkanals setzt sich außer dem Innenepithel noch aus einer Bindesubstanzschicht mit Kalkkörpern und einem äußeren Epithel zusammen, welches aus abgeplatteten Wimperzellen besteht. Es stimmen die Steinkanäle der verschiedenen Echinodermenabteilungen somit in der Zusammensetzung der Wandung aus den gleichen Schichten miteinander überein.

Der Wassergefäßring (Ringkanal) und die von ihm abgehenden Kanäle.

Der Steinkanal steigt, neben dem drüsigen Organ gelagert, nach dem Kauapparat herab, in seinem letzten Abschnitt dicht an der dorsalen Blutlakune verlaufend und mit dieser durch ein Mesenterium verbunden, wie Figur 3 auf Tafel 7 zeigt. Zur Ergänzung dieser Figur diene Figur 2 auf derselben Tafel. Der Magendarm *MD* und der in dem Kauapparat liegende Schlund *Sch* ist längs durchschnitten. Mit *M* ist die dem Kauapparat aufliegende Membran bezeichnet, während dieser selbst nicht angegeben ist. Der Steinkanal mündet nun in den Ringkanal, welcher auf unserer Figur rechts und links vom Darme quer durchschnitten ist *quRk.* Oberhalb desselben verläuft der Blutlakunenring *quBLR.*

Das Epithel des Ringkanals, sowie aller seiner Verzweigungen setzt sich aus abgeplatteten Zellen zusammen, welche feine Wimpern

tragen. Es ist in allen Kanälen des Wassergefäßsystems dasselbe. Die Zellen selbst bleiben stets ungefärbt, und nur der Kern nimmt die Färbeflüssigkeit auf.

Vom Ringkanal gehen nun zunächst fünf Kanäle zu den Respirationsorganen, die als Polische Blasen bezeichnet werden, obgleich ihr Bau ganz abweicht von dem Bau, wie ihn diese Organe bei den Asteriden u. s. w. zeigen. Weiter steigen fünf Kanäle auf der Außenseite der Laterne herab, und zwar in der Mittellinie der Interpyramidalmuskeln gelegen, um durch die Auriculae durchzutreten und nun mit den Nervenstämmen parallel bis zu den Fühlern in den Ambulacren zu ziehen. Von diesen fünf Ambulacral-Wassergefäßen treten Äste in die Ampullen und die Füßchen. Ein Vertikalschnitt durch ein Ambulacrum zeigt folgendes Bild: Der Nervenstamm ist quer durchschnitten *RN* (vergl. Figur 1, Tafel 9), er liegt in dem ambulacralen Schizocölraum $Sch^1 + Sch^2$. Nach außen von diesen, der Leibeshöhle zugewendet, ist das ambulacrale Wassergefäß ebenfalls quer durchschnitten gelegen *W*. Von diesem tritt je ein Ast bald rechts, bald links aus, begleitet in seinem Anfangsteil vom Schizocölraum. Dieser Ast tritt in die Ampulle *Amp* ein, die zu dem nur in seiner Basis gezeichneten Füßchen *F* gehört. Aus der Ampulle treten, wie Lovén zuerst beobachtet hat, zwei Gefäße aus (bei den Asteriden immer nur eins), um die Körperwand zu durchbrechen und unterhalb der Basis des Füßchens miteinander zu einem Hohlraum zu verschmelzen, welcher im Füßchen blind endet, wie Figur 1 auf Tafel 9 zeigt. Die Ampullen besitzen eine dünne Wandung. Außen wird dieselbe von dem Leibeshöhlenepithel überkleidet. Hierauf folgt eine dünne Bindesubstanzschicht und nach innen von dieser eine Ringmuskelschicht. Die glatten Muskelfasern sind untereinander verästelt und mehr oder weniger abgeplattet. Nach innen von dieser Muskelschicht liegt das wimpernde, aus Pflasterzellen zusammengesetzte Innenepithel.

Im Wassergefäßsystem der Echiniden, regulären wie irregulären, fehlen Ventile zum Abschluß der Flüssigkeit in den Füßchen, wie sie bei den Asteriden schon länger bekannt sind und ich sie bei den Holothurien (Synapta digitata) am Eingange in die Mundtentakel aufgefunden und beschrieben habe [1]).

An die Stelle dieser Ventile tritt bei den untersuchten Arten eine andere Einrichtung. Es sind Muskelfasern quer aufgespannt

1) Sehe Heft 1 dieser Beiträge.

zwischen je zwei benachbarten Wänden der Ampulle, welche einen Verschluß derselben bewirken können. Leydig [1]) war es, der zuerst auf diese Bildungen aufmerksam gemacht hat. Er fand in den Ampullen der Füßchen von Echinus esculentus diese auch von ihm als echte Muskelfasern angesehenen Fasern. Diese leicht zu bestätigenden Angaben sind, wie so viele andere (vergl. das über die Blutlakunen und den Steinkanal Gesagte), von Hoffmann [2]) in Abrede gestellt worden. Ludwig [3]) fand bei seinen Untersuchungen über die Crinoiden ähnliche Bildungen und bestätigte auch die Leydig'schen Angaben.

An den Ampullen der jungen Tiere (bis 1 cm Durchmesser) sind zwischen den beiden parallelen Wänden der Ampullen einzelne Muskelfäden ausgespannt, welche stets vom Epithel überkleidet werden, oder aber es sind die Muskelfasern zu mehreren verbunden, und dann zeigt sich eine parallele Anordnung derselben, so daß sich dann beide Bänder zwischen den beiden abgeplatteten Seitenwänden ausspannen. An den Ampullen der erwachsenen Tiere sieht man durchbrochene Wände zwischen den beiden Seitenflächen stehen, welche durch Verschmelzung der Muskelfasern entstanden sind. Hier zeigt es sich am deutlichsten, daß das Epithel, welches die Ampullenwandungen innen überzieht, auch auf diese durchbrochenen Verbindungsbrücken sich fortsetzt, und daß selbst die dünne Bindesubstanzschicht der Ampullenwandung in diese Brücken übertritt und in Gestalt einer dünnen Lamelle mit Fasern und Zellen gleichsam die Axe bildet, welcher auf beiden Seiten die Muskelfasern aufliegen. Letztere sind deutlich durch die Färbung von den feineren Fibrillen der Lamelle zu unterscheiden.

Die gleichen, wie Stricke ausgespannten Muskelfasern fand ich in den Füßchen vor, wie ich bei der Beschreibung derselben auseinandergesetzt habe. Auch bei den Spatangiden habe ich ähnliche Bildungen in den pinselförmigen Füßchen angetroffen und werde ich diese weiter unten zu beschreiben haben.

An dieser Stelle würden die verschiedenen Formen der Füßchen, in denen bekanntlich Äste des ambulacralen Wasser-

---

1) Leydig, Kleinere Mitteilungen zur tierischen Gewebelehre, in: Müller's Archiv für Anatomie u. Physiologie. 1854.

2) Hoffmann, Zur Anatomie der Echiniden und Spatangen, in: Niederländ. Archiv für Zoologie. Bd. 1. 1871. pag. 77.

3) Ludwig, Beiträge zur Anatomie der Crinoideen, in: Morpholog. Studien. Bd. 1. pag. 17.

gefäßes eintreten, zu beschreiben sein. Ich habe ihren Bau jedoch besser zu schildern geglaubt da, wo ich das Nervensystem derselben darstellte, weshalb ich hier auf dieses Kapitel verweise.

Die Respirationsorgane.

1) Die fünf Anhangsorgane auf der Oberfläche des Kauapparates.

Betrachtet man die Laterne von oben, so sieht man zwischen je zwei Bogenstücken, also in den Radien der Zähne gelegen, und zwar in den von den fünf Muskeln begrenzten Räumen, bläschenförmige Gebilde liegen, welche durch einen Kanal mit den um den Anfangsteil des Magens konzentrisch verlaufenden beiden Gefäßen in Zusammenhang zu stehen scheinen. Die Farbe dieser Organe ist eine verschiedene bei den einzelnen Arten. Die Gebilde haben je nach den Pigmenten, welche in Zellen abgelagert sind, bald einen gelben, bald mehr bräunlichen Ton. An den Spiritusexemplaren ist ihre Farbe meist schmutzigweiß. (Vergl. Figur 3 auf Tafel 7, Oberflächenansicht des Kauapparates.)

Am stärksten ausgebildet sind diese Organe bei Echinus acutus und E. melo, ebenso bei Sphaerechinus granularis. Vorhanden sind sie bei allen Echiniden, die ich aus dem Mittelmeere untersuchte. Zuerst hat Valentin [1]) diese Organe abgebildet und kurz beschrieben. Bei Tiedemann [2]) finde ich sie überhaupt nicht erwähnt.

Teuscher [3]) beschreibt dann genauer diese Gebilde als Polische Blasen. Unter diesem Namen werden sie auch von Koehler [4]) aufgeführt. Mit den Polischen Blasen, wie sie bei den übrigen Echinodermenklassen auftreten, haben diese Organe nichts zu thun. Ihr Bau ist ein vollkommen abweichender und weit komplizierterer als der der Polischen Blasen.

Die Angaben von Teuscher basieren auf Injektionspräparaten. Es gelang ihm, diese Organe vom Ringkanal aus zu füllen. „An gut injicierten Exemplaren sieht man, daß nicht das ganze Organ sich füllt, sondern nur vom Stiel aus zwei bis drei enge Kanäle

1) Valentin, a. o. O.
2) Tiedemann, a. o. O.
3) Teuscher, Echiniden, p. 523.
4) Koehler, a. o. O.

Farbstoff einlassen, welche sich sehr fein baumartig verästeln, aber ohne die Peripherie zu erreichen.“ Es sind das die feinen Verzweigungen des Wassergefäßes; jene der Blutlakunen sind Teuscher unbekannt geblieben. Indem Teuscher weiter auf die Funktion dieser Organe zu sprechen kommt, setzt er auseinander, daß wir es mit verkümmerten Polischen Blasen zu thun hätten, die „als Reservoir für den Inhalt des Ambulacralsystems zu dienen“ nicht mehr fähig wären.

Der letzte Beobachter unserer Organe ist Köhler[1]). Ihm ist es nicht entgangen, daß sowohl Blutlakunen vom Blutlakunenring als auch Gefässe vom Ringkanal in diese Gebilde münden, und glaubt er in ihnen eine Kommunikation beider Systeme, des Blut- wie Wassergefäßsystemes, erkennen zu können. In Figur 31 auf Tafel 5 bildet dieser Forscher einen Schnitt durch unser Organ ab, ohne jedoch irgend welches Epithel, welches sich in den Gefäßen der Hohlräume findet, welche mit dem Ringkanal kommunizieren, anzugeben. In der Beschreibung kommt er zu dem Endresultat, daß der Bau dieser Polischen Blasen, wie er ebenfalls diese Organe benennt, gleich sei dem Bau der ovoiden Drüse (dem Herzen Valentin's, Hoffmann's). Somit ist auch ihm der eigentliche Bau dieser Organe entgangen, ohne dessen Kenntnis überhaupt ein Schluß auf die Funktionen derselben unmöglich ist. — Ich verweise zur Orientierung auf Figur 2, Tafel 7, welche einen Längsschnitt durch Magendarm und Schlund, Ringkanal *RK*, Blutlakunenring *BLBLR*, Steinkanal *StK* und unser Organ *L* wiedergiebt. Die Laterne, auf deren oberer Membran in der angegebenen Lage unser Organ liegt, ist in ihrem unteren Teile weggelassen worden. Während die nach oben gekehrte Fläche des Organes annähernd glatt erscheint, ist die untere mehrfach gelappt und zeigt bläschenartige Auftreibungen. Ein großer Hohlraum im Innern des Organs steht mit diesen kleineren Aussackungen in Verbindung. Wie aus der Figur hervorgeht und wie aus Querschnittsserien bezeugt wird, geht vom Ringkanal des Wassergefäßsystemes ein Kanal in das Organ, welcher mit dem Hauptlumen desselben in Verbindung steht. Von diesem gehen kleinere Astchen zu den einzelnen traubenartigen Aussackungen. Das Epithel, welches im Ringkanal sich findet, setzt sich fort in unser Organ und kleidet sämtliche bisher beschriebenen Hohlräume aus. Die Zellen besitzen Wimpern, von denen Fragmente an Schnittpräparaten noch teilweise erhalten

1) Koehler, Echinides des côtes de Provence, pag. 77.

sind. Weiter trifft man dieselben Wanderzellen an, welche im Wassergefäßsystem auftreten. Sie liegen oft zu Ballen gehäuft in den beerenartigen Ausstülpungen. Zwischen ihnen ist ein braunkörniges Pigment in ziemlicher Menge angesammelt. Dieses ist es, welches dem Organ die eigentümliche Farbe mitgiebt im Verein mit der Blutflüssigkeit, auf welche ich sogleich zu sprechen komme.

Die besonders verdickte obere Wandung des Organes zeigt in seiner Bindesubstanzschicht ein System von Lakunen und Hohlräumen, welche sämtlich miteinander und durch eine Lakune mit dem Blutlakunenring in Verbindung stehen. Die geronnene Blutflüssigkeit läßt sich bei prall angefülltem Lakunenring aufs deutlichste in der Wandung unseres Organes verfolgen. Zottenförmige Erhebungen, mit derselben erfüllt, ragen in die Hohlräume hinein, welche vom Ringkanal und Steinkanal aus gespeist werden. Zahlreiche Blutwanderzellen sind in der geronnenen, mit neutralem Karmin rosa tingierten Flüssigkeit zerstreut.

Die Wandung des Organes besteht aus einer dasselbe überziehenden Epithelschicht, dem Cölomepithel, und der Bindesubstanzschicht, in welcher sich die Lakunen finden. Irgendwelche Verkalkungen treten nicht auf, und bietet diese Zellschicht mit ihren wenigen Spindelzellen und Fasern nichts von Belang.

Fragt man nun nach der Bedeutung dieser fünf Anhangsorgane, so ist die zunächst liegende Erklärung wohl die, an Respirationsorgane zu denken. Eine solche Annahme will ich zu begründen suchen. Von außen her wird durch die Madreporenplatte, deren Poren stets geöffnet sind und überhaupt nicht verschlossen werden können, Wasser aufgenommen und in den Steinkanal geleitet. Dieser mündet in den Ringkanal, welcher der Laterne aufliegt. Es gelangt also das frische Seewasser zunächst in diesen Kanal und von hier aus durch die engen Kanälchen in unsere fünf Organe. Hier bespült das Wasser die zottenförmigen Bildungen, welche in den Haupthohlraum hineinragen. In diesen Zotten cirkuliert die Blutflüssigkeit, welche ihrerseits aus dem Blutlakunenring, der oberhalb des Ringkanals verläuft, in die Organe Zutritt erlangt hat. Die regenerierte, mit Sauerstoff versehene Blutflüssigkeit hat man sich dann wieder, aus dem Lakunenring austretend, cirkulierend zu denken.

Somit würde diesen Organen eine Funktion zukommen, wie sie bei einem Teil der Holothurien die Wasserlungen ausüben, in welche durch das Rectum Seewasser gelangt und mit der Blut-

flüssigkeit durch die große Menge der sich auf ihnen ausbreitenden Lakunen in Berührung kommt.

Daß auch ein reger Austausch zwischen den Wanderzellen des Blutsystems einerseits und denen des Wassergefäßsystems stattfindet, ist bei der amöboiden Bewegung derselben wohl anzunehmen (vergl. Fig. 4 auf Taf. 7).

Die Ambulacralkiemen.

Als Respirationsorgane deutet man seit langer Zeit die Ambulacralkiemen, Anhänge der äußeren Mundhaut. Diese Organe finden sich als fünf Paar dendritisch verzweigte, hohle Gebilde um die Mundöffnung kreisförmig angeordnet vor. Sie sind als Ausstülpungen der gesamten Körperwand anzusehen und morphologisch wie physiologisch gleich zu setzen den Kiemenbläschen auf dem Rücken der Asteriden.

Sowohl Tiedemann [1]) als delle Chiaje [2]) kannten diese Organe; näher beschrieben wurden sie erst später von Valentin [3]) und Erdl [4]). Beide Forscher geben Abbildungen derselben. Erdl's Angaben sind sehr ausführlich. Er beschreibt jede der fünf in gleichen Abständen sitzenden Kiemen als Säckchen, welches auf der Haut sich erhebt und einzelne cylindrische Fortsätze treibt, welche sich dendritisch verzweigen. „Das Säckchen ist sehr dick und fleischig und mit vielen kleinen Warzen an der Oberfläche bedeckt." Wenn er aber annahm, daß diese Organe mit dem Ringgefäß in Zusammenhang ständen, so war er hierin im Irrtum, wie Valentin zuerst zeigte.

Im folgenden will ich eine Darstellung des feineren Baues geben, wie er auf Schnitten sich zeigt (speciell von Echinus acutus). Die Höhlungen in den Kiemenbäumchen stehen in offener Kommunikation mit der Leibeshöhle, und das Wimperepithel, welches sich in dieser findet, kleidet auch die Hohlräume der Kiemen aus. Die äußere Fläche wird von dem allgemeinen Körperepithel über-

---

1) Tiedemann, Anatomie der Röhrenholothurie des pomeranzenf. Seesternes und Steinseeigels. Landshut 1816.

2) delle Chiaje, Memorie, Vol. 1.

3) Valentin, Monographie d'Echinodermes: l'anatomie du genre Echinus. Neuchatel 1842.

4) Erdl, Über den Bau der Organe, welche an der äußeren Oberfläche der Seeigel sichtbar sind. Wiegmann's Archiv 1842. Achter Jahrg. Erster Band, p. 45.

zogen und besitzt lange Wimpern. Eine Muskulatur fehlt diesen Organen vollständig. Die Wandungen setzen sich vielmehr nur zusammen aus dem äußeren Wimperepithel, der Bindesubstanzschicht und dem inneren Wimperepithel. Die Dicke der Wandungen ist sehr verschieden, am stärksten natürlich an den basalen Teilen, so am Hauptstamm, welcher der Mundhaut direkt aufsitzt. Dementsprechend sind auch die einzelnen Schichten sehr verschieden ausgebildet. Figur 12 auf Tafel 6 giebt von einem Längsschnitt durch die Wandung einen Teil wieder, und zwar rührt der Schnitt von einem der größeren Äste her. Das äußere Wimperepithel *ep* setzt sich aus langen, feinen, haarförmigen Zellen zusammen, welche einen kugeligen bis ovalen Zellkern tragen, welcher bald mehr der Peripherie, bald mehr der Basis genähert liegt. Zwischen diesen Zellen liegen eiförmige, mit stark lichtbrechenden Körnchen erfüllte Zellen, die Wanderzellen *Kz*. Sie drängen die Epithelzellen auseinander und liegen entweder ganz peripher, oder mehr in der Tiefe. Da die Bindesubstanzschicht über und über von ihnen erfüllt wird, so wandern sie wahrscheinlich aus dieser in das äußere Epithel, um vielleicht von hier nach außen zu gelangen. Es stimmen diese Körnerzellen ganz überein mit den früher bei den Holothurien beschriebenen Wanderzellen sowie mit den im drüsigen Organ in Mengen vorkommenden Gebilden. Die stark lichtbrechenden Körner färben sich mit Karmin nicht, nur die zwischen ihnen liegende Zellsubstanz nimmt einen rötlichen Ton an. Mit Anilinfarben behandelt, tingieren sich die Körner sofort, so mit Anilingrün ziemlich dunkel, während der Kern von kreisrundem Umriß einen tieferen Ton erhält.

Die Bindesubstanzschicht enthält Kalkkörper, ein gitterartiges Skelett, welches Valentin geschildert hat [1]). Reste desselben sind in der Figur mit angegeben. Zwischen diesen Kalkstücken und dem äußeren Epithel ist die Bindesubstanzschicht am meisten durchsetzt von den Körnerzellen, die je nach ihrem Bewegungszustand bald kuglig, oval oder mit stumpfen Fortsätzen versehen sind. Diese Lage der Bindesubstanz enthält Zellen und wenig Fasern. In der im Leben flüssigen Intercellularsubstanz bewegen sich die Körnerzellen. Oft trifft man sie in großen Trupps nebeneinander liegend.

Das Innenepithel ist teilweise in Falten gelegt, wie die Figur zeigt, und sind seine Wimperzellen mit länglichen, stiftförmigen

1) A. o. O.

Kernen in den größeren Hohlräumen der Kiemen versehen, während in den Enden die Kerne oval oder kugelig gebildet sind.

Die Hohlräume selbst sind erfüllt von unregelmäßig geformten Zellen *wz*, die sich durch ihre glashelle Zellsubstanz auszeichnen. Nur der Kern färbt sich mit Karmin, die Zelle selbst bleibt ungefärbt. Die Zellen stimmen überein mit denen, wie sie in der Leibeshöhle beschrieben werden, und sind von den Körnerzellen mit Leichtigkeit zu unterscheiden.

Kapitel 4.

Die Bluträume (Spaerechinus granularis).

Zu den Bluträumen rechne ich die Schizocölbildungen in der Leibeswand, welche bisher teils bekannt, teils unbekannt waren. Das letztere gilt von dem großen Schizocölsinus, welcher den Anfangsteil des Steinkanales umgiebt und das Ende des drüsigen Organes (vergl. Herz) umschließt, sowie von den fünf zu den Geschlechtsorganen ziehenden Räumen. Hierher gehört weiter der ringförmig verlaufende Hohlraum am Schlund, in welchen die fünf paarigen radiären Längskanäle münden.

Außer diesen Bildungen besteht ein geschlossenes Blutlakunensystem, welches sich zusammensetzt aus den Lakunen des Darmes, dem analen Lakunenring und dem Lakunenring, welcher dem Anfangteil des Magens aufliegt. In diesen Lakunen trifft man die Blutflüssigkeit mit Zellen an, während in den oben genannten Bildungen die Zellen in Form und Bau dieselben sind, aber die Flüssigkeit eine abweichende ist.

Die Blutlakunen des Darmes sind mit bloßem Auge wahrnehmbar und daher schon frühzeitig beschrieben worden. Das Vorhandensein eines Blutlakunenringes hingegen wurde bald als erwiesen angenommen, bald wieder bezweifelt, bald aber wurde der Ringkanal des Wassergefäßsystems mit demselben verwechselt.

Bei Tiedemann [1]) wird ein Lakunenring oberhalb der Laterne nicht erwähnt, während Valentin [2]) einen arteriellen und venösen

---

1) Tiedemann, Anatomie des Steinseeigels, 1816.

2) Valentin, Anatomie du genre Echinus, in: Monographies d'Echinodermes par L. Agassiz.

Schlundring beschreibt. Joh. Müller[1]) hat bereits gezeigt, daß der letztere in keinem Zusammenhang steht mit den Darmlakunen, sondern der Wassergefäßring ist.

Bei Hoffmann[2]) tritt eine Verschmelzung des Blutlakunen- und Wassergefäßsystems ein. In seiner kurzen Abhandlung über dasselbe, welche als Nachtrag zu seiner größeren Arbeit über die Echiniden folgt, nimmt er einen Teil seiner früheren Angaben zurück und stellt das Vorkommen eines Blutlakunenringes in Abrede. Es komme nur ein Gefäßring vor, welcher dem Wassergefäßsystem zugehöre, und in diesen sollen die Darmlakunen münden! Dann wird ein Gefäß beschrieben, dem das Herz eingeschaltet ist, und dieses soll der Steinkanal sein! Was man früher als Steinkanal deutete, wäre jedoch nur eine bandartige Verdickung des Mesenteriums! Diese Resultate, welche noch weniger wiedergeben, als mit bloßem Auge zu sehen und zu erkennen ist, sind völlig unbrauchbar, und ist der Fortschritt, den Teuscher's Arbeit bedeutet, gegen Hoffmann's Mitteilungen nicht hoch genug zu veranschlagen. Teuscher[3]) giebt im großen und ganzen die Anordnung der Lakunen, das Vorhandensein eines Blutlakunenringes, welcher oberhalb des Wassergefäßringes gelegen ist, richtig an, während er den feineren Bau unberücksichtigt läßt. Koehler hat seine Angaben durch neue Abbildungen erläutert und bestätigt.

Die Laterne wird von einer Membran umhüllt, welche nach außen überzogen wird von dem wimpernden Cölomepithel. Dieser Membran *M* in Fig. 2, Taf. 7 liegt zunächst auf der Wassergefäßring, oder Ringkanal und auf diesem der Blutlakunenring *quBLR*, welcher auf dem Längsschnitt quer durchschnitten ist. Keiner der beiden ringförmig verlaufenden Gebilde liegt dem Darm an; beide sind durch einen ansehnlichen Zwischenraum von demselben getrennt (Fig. 2, Taf. 7). Ungefähr einander gegenübergelegen mündet die dorsale wie ventrale Darmblutlakune ein. Als dorsale Darmblutlakune *DBL* bezeichne ich im Anschluß an Teuscher[3]) die an der äußeren Seite des Darmes verlaufende, am Magen neben dem Steinkanal emporsteigende Lakune, während

1) Joh. Müller, Siebente Abhandlung in: Abhandlungen der Akad. Berlin.

2) Hoffmann, Niederländ. Archiv, Bd. 1 Über das Blutgefäßsystem der Echiniden.

3) Teuscher, Beiträge zur Anatomie der Echinodermen, Echiniden, in: Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. 10. 1876. pag. 517.

die an der inneren freien Seite des Darmes gelegene Darmlakune als ventrale *VBL* zu benennen ist, um den Ausdrücken wie Darmarterie und Darmvene Tiedemann's aus dem Wege zu gehen.

Verlauf der dorsalen Blutlakune. Um den Verlauf dieser Lakune darzustellen, wie ich denselben abweichend von meinen Vorgängern durch Schnittserien gefunden habe, ist Fig. 3, Taf. 7 zum Vergleich heranzuziehen, welche die Verhältnisse bei Sphaerechinus granularis wiedergiebt. Aus dem Blutlakunenring *BLR* entspringt die dorsale Darmlakune, dem Magendarm anliegend und mit diesem durch ein Mesenterium verbunden. Neben ihr erhebt sich der Steinkanal *St-K.* Der Magen zieht eine Strecke senkrecht empor dem After zugewendet, um dann umzubiegen und nach einigen Windungen in den Dünndarm überzugehen. Die dorsale Blutlakune begleitet den Magendarm bis zu dieser Umbiegung und geht hier eine Verzweigung ein. Ein Teil setzt sich am Magendarm weiter fort, während ein Teil der Lakune zum drüsigen Organ aufsteigt, um sich auf der Oberfläche desselben zu verzweigen.

Diese Verzweigungen und Verästelungen kann man bei schwacher Vergrößerung bereits erkennen. Die den Magendarm weiter begleitenden Lakunen gehen an der Einmündung desselben in den Dünndarm *DD* auf letzteren über, und stellt die oft gering entwickelte dorsale Lakune desselben vor. Sie läßt sich in ganzer Ausdehnung des Dünndarmes verfolgen und verläuft auf dem Rectum in gleicher Weise.

Verlauf der ventralen Blutlakune. Die ventrale Blutlakune ist in ihrer ganzen Ausdehnung stärker entwickelt als die dorsale. Sie entspringt aus dem Blutlakunenring und läuft senkrecht empor am Magendarm, an demselben durch ein Band angeheftet. Diese Lakune macht, wie die ihr gegenüberliegende dorsale, die Umbiegung des Magendarmes mit bis zum Übergang desselben in den Dünndarm. Hier findet folgende Änderung in ihrem Verlaufe statt. Die ventrale Blutlakune setzt sich fort auf den Nebendarm und verläuft, diesem eng anliegend. Auf Schnittserien, welche durch Dünn- und Nebendarm gelegt sind, trifft man zwischen beiden ersteren nur sehr feine, äußerlich nicht erkennbare Lakunen an, während von der ventralen Lakune in die Wandung des Nebendarmes die Blutflüssigkeit unbehindert eindringen kann und sich in der Bindesubstanzschicht der Darmwandung in feinen und feinsten Lakunen und Spalten verzweigt. (Vergl. Fig. 3, Taf. 7.)

Der feinere Bau der Darmblutlakunen. Bisher habe ich den Namen Blutgefäße mit Absicht vermieden, da das, was wir bei den Echiniden in Gestalt von Gefäßen am Darm verlaufen sehen, Hohlräume und Lakunen sind, welche einer festen Wandung, eines Endothelbelages entbehren. Nur im Verlaufe der ventralen Lakune am Magendarm ist oft ein Lumen vorhanden; doch wird auch dieses von Bindegewebssträngen und Balken durchzogen. Da wo der Darm an einem Mesenterium befestigt wird, stellen sich die Lakunen (es kommt hier die dorsale im ganzen Verlaufe des Darmes in Betracht) als Lücken in der Bindesubstanz des Mesenteriums dar. — Fig. 4, Taf. 8 zeigt ein Querschnittsbild durch die ventrale Lakune. Die Wandung besteht aus einer dünnen Lage Bindesubstanz und einem Epithelüberzug von abgeplatteten Wimperzellen, dem Cölomepithel. Die Bindesubstanz ist nur gering ausgebildet. Zum größten Teil längsverlaufende Fasern sind in derselben zu erkennen. Ein Längsschnitt durch dieselbe läßt diese Fasern mit ihren Spindelzellen deutlicher hervortreten. Sobald die Bindesubstanz stärker entwickelt ist, durchzieht sie in Strängen den Hohlraum, oder Membranen spannen sich aus, und dann ähnelt das Bild jenem, welches die dorsale Lakune zeigt. Bei Spaerechinus granularis ist meist ein Hohlraum vorhanden, bei Echinus acutus deren mehrere. Ein Längsschnitt durch dieselbe giebt einen Einblick, wie diese Hohlräume sich zu einander verhalten. Man sieht, wie sie untereinander kommunizieren, indem der eine in den anderen einmündet, daß also hier ein System von längsverlaufenden, sich verzweigenden Lakunen besteht, welche eines Endothelbelages entbehren. In der Bindesubstanz treten außer den schon aufgezählten Zellen Wanderzellen auf, deren Zellsubstanz fein granuliert erscheint.

Der Blutlakunenring zeigt uns dieselbe Bildung. In ringförmig verlaufenden, miteinander kommunizierenden und sich verästelnden Lakunen und Lücken in der Bindesubstanz bewegt sich die Blutflüssigkeit.

Ältere Beobachter haben eine Bewegung der Blutlakunen beschrieben. So spricht Tiedemann [1]) von Kontraktionen und Expansionen, welche er an den ventralen Blutlakunen (seinem Gefäßstamm des inneren Randes des Darmkanals) wahrgenommen hat. Die Bewegungen habe ich an lebenden Seeigeln (besonders wählte

1) Tiedemann, a. o. O.

ich die großen Spaerech. granul.), denen rasch die Schale geöffnet wurde, oft beobachten können. Es besitzen sämtliche Lakunen in ihrer Wandung Muskelfasern, mit Hilfe deren die Blutflüssigkeit cirkuliert. In der Wandung der beiden Lakunen, solange sie im Magendarm verlaufen, ist die Muskulatur gering entwickelt und wird hier durch eine besondere Muskulatur, die ich weiter unten besprechen werde, unterstützt. Die Muskulatur in der Wandung der Darmlakunen besteht aus längsverlaufenden (mit der Längsaxe der Lakunen parallel gelegenen) Muskelfasern von glattem Bau. Die Muskelschicht — die Fasern, welche streng parallel zu einander verlaufen, sind in einer Lage angeordnet — liegt stets unterhalb des Außen-(Cölom-)Epithels. Am erwachsenen Echinus liegt jeder Faser ein länglich-ovaler Kern auf, welchen ein Rest von Zellsubstanz umgiebt.

Die ventrale Lakune des Dünndarmes, welche centralwärts vom Nebendarm liegt, besitzt eine besonders kräftig entwickelte Muskelschicht, welche direkt übergeht in die entsprechende des Nebendarmes.

Bereits oben erwähnte ich Muskelfasern, welche die gering entwickelte Muskulatur in der Wandung der beiden Lakunen, solange sie am Magendarm verlaufen, verstärken. Beide Lakunen liegen, wie bekannt, dem Magen nicht unmittelbar auf, sondern sind auf einer Längsleiste des Magens angeheftet, welche sich als eine Verdickung und Hervorwölbung *hv* der Bindesubstanzschicht kundgiebt. (Vergl. Fig. 4 auf Tafel 8.)

In dieser Längsleiste verlaufen, in Bündeln stehend, Längsfasern von besonders kräftigem Bau.

Blutflüssigkeit und Zellen.

Die Blutflüssigkeit der Darmlakunen hat eine gelbliche (Sphaerechinus) Färbung und gerinnt alsbald nach dem Austritt aus den Lakunen. Da sie in konserviertem Zustande sich färbt und mit Karmin behandelt einen hellroten Ton annimmt, ist sie leicht zu erkennen und selbst in den feinsten Verzweigungen und Lücken in der Bindesubstanz des Darmes oder der Mesenterien aufzufinden.

Die Blutzellen lassen sich durch ihren hellen, mit Karmin u. s. w. nicht tingierbaren Zellleib leicht erkennen. Sie haben

eine unregelmäßig rundlich-ovale Gestalt und sind im Leben amöboid beweglich. Ihre Zellsubstanz macht den Eindruck, als wäre sie völlig homogen, nur um den Zellkern ist (an konserviertem Material) eine Anhäufung einer fein gefärbten Masse wahrzunehmen, welche in Gestalt feinster Fasern hier und da zu verfolgen ist. Der Kern von kreisrunder Gestalt zeigt stets einen Nucleolus. Die Größe der Zellen beträgt zwischen 0,008 und 0,01 mm, der Kern mißt 0,003 mm (Fig. 18, Taf. 6).

Die Blutzellen finden sich in der Flüssigkeit zerstreut an. In besonders großer Anzahl kommen sie in keinem Abschnitt der Lakunen vor, sondern sind überall zerstreut anzutreffen.

Außer diesen Zellen werden noch Wanderzellen (aber sehr selten!) in den Lakunen angetroffen von der Gestalt, wie sie in der Bindesubstanzschicht vorkommen. Ihr Leib ist größer, der kreisrunde Kern nur 0,002 mm groß. Der Zellleib zeigt eine netzförmig ausgebreitete Substanz. Zwischen den Maschen des Netzwerkes liegen stark lichtbrechende Körner. Es gleichen diese Zellen in allen Stücken den bei Holothurien vorkommenden, als Plasmawanderzellen beschriebenen Elementen.

In den Längskanälen, sowie überhaupt in allen Schizocölräumen kommen die gleichen hellen Zellen vor. Einen Unterschied zwischen ihnen und den in der Blutflüssigkeit vorhandenen konnte ich nicht feststellen.

Der Schizocölraum am After und der anale Blutlakunenring.

Die Angaben über das Vorhandensein eines analen Blutlakunenringes sind sehr verschiedener Natur. Nach den neuesten Untersuchungen von Koehler [1]) fehlt ein solcher den Echiniden. Tiedemann [2]) beschreibt jedoch bereits „ein kreisförmiges Gefäß, welches die innere Fläche der Schale umgiebt, da wo der Mastdarm in die obere Öffnung der Schale eindringt, um sich nach außen zu öffnen“. Von Valentin [3]) wird diese Beobachtung bestätigt. Hoffmann [4]) bestreitet energisch alle die genannten

1) Koehler, Sur les Echinides etc.
2) Tiedemann, Anatomie des Steinseeigels, pag. 97.
3) Valentin, Monographie des Echinides etc.
4) Niederl. Archiv f. Zoologie. Bd. 1. pag. 184.

Angaben, da er weder einen analen noch oralen Blutlakunenring gesehen hat. Die Angaben Hoffmann's bedeuten, was Wasser- und Blutgefäßsystem anlangt, überhaupt einen Rückschritt, da er selbst das, was mit bloßem Auge bereits kenntlich ist, in Abrede stellt. In kurzer Bemerkung wurde von Greeff [1]) Hoffmann's Behauptung als irrig zurückgewiesen. Nach diesem Forscher ist ein weiter, sinuöser Ring vorhanden. Perrier [2]) ist später zu demselben Resultat gekommen. Teuscher [3]) hat sich selbst nicht von dem Vorhandensein eines Analringes überzeugen können, was bei seinem Untersuchungsobjekt — Echinus esculentus — nicht wunder nehmen kann, da bei dieser Form der Ring weniger gut ausgebildet und äußerlich erkennbar ist.

Meinen eigenen Beobachtungen will ich vorausschicken, daß das Gebilde, welches Greeff etc. gesehen haben, nicht ein Blutgefäßring ist, sondern einen sinuösen Hohlraum, ein Schizocölgebilde darstellt, in dessen Wandung und Lumen der eigentliche Blutlakunenring verläuft.

Zur Untersuchung eignet sich besonders gut Echinus microtuberculatus oder Arbacia pustulosa [4]). Bei beiden ist der Schizocölraum *S* stark ausgebildet. Figur 4 auf Tafel 1 zeigt die innere Seite des Scheitelpoles eines Echinus microtuberculatus. Mit *AG* sind die fünf Ausführgänge der Geschlechtsorgane, mit *N* die fünf Nervenstämme bezeichnet.

Der Schizocölraum verläuft nach außen gelegen von einem Kalkring; in den von diesem begrenzten Innenraum mündet das Rectum. An diesem Kalkring setzen sich die den Enddarm befestigenden Mesenterien an (in Fig. 4, Taf. 1 u. Fig. 5 mit M^1 bez.).

Lage und Bau der Blutlakune ist nur an Schnittpräparaten genau zu ersehen. Man entkalkt die Analseite des Seeigels, am besten in Chromsäure von 1 : 400. War der Seeigel vorher in Alkohol genügend gehärtet, so bleiben auf diese Weise auch die Gewebe gut erhalten. Nach der Chromsäurebehandlung färbt man

---

1) Greeff, Marburger Sitzungsberichte 1872. Nr. 11. Seite 163 Anm.

2) Perrier, Recherches sur l'appareil circulat. des oursins, in: Ann. zoolog. expér. Bd. 4. p. 605.

3) Teuscher, Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. 10. Suppl. pag. 517.

4) Bei Dorocidaris papillata besitzt der Schizocölring eine Breite von 2 mm; bei Centrostephanus longispinus ist er ebenfalls sehr leicht aufzufinden und von außerordentlicher Breite.

mit neutraler Karminlösung, welche in kürzester Zeit eine genügende Färbung bewirkt.

Ein Vertikalschnitt, welcher durch die Analplatten geht, zeigt diese durchschnitten und unterhalb derselben das Rectum auf dem Schnitt getroffen (in der Figur 5, Taf. 1 nur zur Hälfte dargestellt). Das Rectum wird an dem oben erwähnten Kalkring, einem Vorsprung oder, besser gesagt, ringförmigen Verdickung, durch Mesenterien M^1 M^2 angeheftet. Lateralwärts zeigt sich unser Schizocölraum [1]) quer durchschnitten. Denkt man sich das Rectum vervollständigt und die Figur nach links hin weiter ausgeführt, so würde zunächst ein Mesenterium getroffen sein, und darauf der anale Schizocölraum in gleicher Weise, da er ja konzentrisch zum After verläuft [2]). In der Wandung dieses Schizocölraumes, welche aus Bindesubstanz besteht, welcher außen das Cölomepithel aufliegt, verläuft der anale Blutlakunenring *ABR*. Den Schizocölraum könnte man, anschließend an ähnliche oder gleiche Bildungen bei Asteriden, als Perihämalraum bezeichnen, zumal an bestimmten Stellen die Blutlakunen in der That in das Innere des Schizocölraumes zu liegen kommen.

Ausgekleidet erscheint dieser Sinus von endothelialen Zellen. Die Blutlakunen stellen sich dar als Lücken und Spalträume in der Bindesubstanzschicht der verdickten Wandung und sind mit der geronnenen Blutflüssigkeit prall angefüllt. Zwischen je zwei Ausführgängen der Geschlechtsorgane ist die Gestalt der Blutlakunen meist eine solche, wie sie Figur 5 wiedergiebt. Da jedoch, wo die Ausführgänge (in Figur 6, Tafel 1 der Ovidukt *AG*) an den Schizocölring herantreten, tritt eine Änderung in der Gestalt ein. Ein Teil kommt in das Innere zu liegen, und so wird hier der Schizocölraum zum echten Perihämalraum, während ein anderer Teil sich abzweigt und in der Wandung des Ausführganges verläuft, um sich in den einzelnen Schläuchen der Geschlechtsorgane zu verzweigen. Unmittelbar nach der Abgabe der Äste an den Ausführgang verstreicht der in das Lumen des Schizocölringes hineinragende Teil, und es liegen die Lakunen in der Weise in der Wandung, daß sie nach außen wie nach innen gleichmäßig hervorragen.

---

1) Die Begründung, daß es sich um einen solchen, und nicht um einen zur Leibeshöhle gehörigen Raum handelt, folgt unten bei der Schilderung der Entstehung der Geschlechtsorgane.

2) Um Raum zu sparen, ist dieser Teil der Figur weggelassen worden.

Der konzentrisch verlaufende Schizocölsinus wird an einer Stelle durchsetzt vom Steinkanal, und hier besteht ein Zusammenhang zwischen den peripher gelegenen Blutlakunen des drüsigen Organes und dem analen Blutlakunenring. Die ersteren gehen über in die des letzteren (vergl. Figur 3 auf Tafel 11). Eine weitere Kommunikation besteht zwischen den Rücken- und Bauchlakunen des Rectums.

Die Lakunen am Rectum nehmen, je näher dasselbe dem After kommt, ab, und erhält man oft Bilder, auf denen es aussieht, als ob die Lakunen einfach verstrichen. Dennoch gelang es mir, in den das Rectum befestigenden Aufhängebändern Blutflüssigkeit nachzuweisen, welche in Zusammenhang stand mit dem Ende des in der Wandung des Schizocölringes verlaufenden Lakunenringes. (Am besten orientiert man sich über diesen schizocölen Ringsinus mit seinem analen Blutlakunenring, über die Lage des Rectums und des Steinkanales durch Betrachtung der schematischen Figur 3 auf Tafel 11, welche einen Längsschnitt durch die Analgegend wiedergiebt. *Schiz R* analer Ringsinus; *Dr* Drüsenende; M^1 und M^2 Aufhängebänder des Rectums.)

Die radiären Schizocölbildungen.

(Längskanäle der Nervenstämme.)

Wie schon lange bekannt ist, liegt jeder der fünf radiären Nervenstämme in einem Kanal eingebettet, welchen er in seiner Breite durchzieht und so in zwei Hohlräume sondert. Ein Vertikalschnitt (Schnittebene rechtwinklig zum Nervenstamm) zeigt diese Verhältnisse am besten. In Figur 1 Tafel 9 ist der der Körperoberfläche zugewendete Abschnitt des Hohlraumes mit Sch^1, der der Leibeshöhle zugekehrte mit Sch^2 benannt. Teuscher bezeichnete beide Hohlräume als inneres und äußeres Nervengefäß.

Um den Verlauf dieser Hohlräume zu verstehen, in denen die fünf Nervenstämme eingebettet liegen, sind Längsschnitte durch das ganze Tier am instruktivsten. Es zeigt sich dann, daß die fünf Hohlräume unterhalb des Fühlers, also ehe der Nervenstamm die Ocellarplatte durchbohrt, verschwinden, oder aber ihn noch eine Strecke weit begleiten. Fig. 2, Taf. 1 zeigt einen Vertikalschnitt durch den Fühler eines jungen Tieres. Das Wassergefäß *RW* tritt in den Fühler ein, um blind zu enden, die mit Sch^1 und Sch^2 bezeichneten Teile des radiären Hohlraumes enden

ebenfalls blind, indem ihr Lumen enger und enger wird und endlich verstreicht. An diesen Stellen kann man (besonders an Schnitten durch erwachsene Tiere) sich überzeugen, daß diese radiären Hohlräume Schizocölbildungen sind, die von einem Endothel ausgekleidet werden. Die erste Entstehung dieser Hohlräume, welche homolog zu setzen sind den radiären Perihämalräumen der Asteriden [1]), habe ich nicht beobachten können, da ein so junges Material nicht zu Händen war.

Der Schizocölraum behält in seinem Verlauf seine Größe bei. Die fünf Hohlräume (Längskanäle) mit den eingeschlossenen Nervenstämmen verlaufen von den Fühlerplatten aus bis zum Schlund, indem sie durch die fünf Auriculae des inneren Peristomringes hindurchtreten. Da, wo das (radiale) Ambulacralwassergefäß den Nervenstamm verläßt, um außen an der Laterne emporzusteigen, verschwindet der nach der Leibeshöhle zugekehrte Schizocölkanal, indem er obliteriert, und nur der äußere, welchem das Deckepithel des Nervenstammes zugekehrt ist, bleibt erhalten und umgiebt den Nervenring auf dieser Seite (vergl. Figur 11 auf Tafel 13). Auf der der Leibeshöhle zugekehrten Fläche wird der Nervenring von einer Bindegewebsschicht bedeckt, welche vom Leibeshöhlenepithel überzogen wird. Es liegt somit der Nervenring im Innern der Laterne in der Leibeshöhle und wird nur auf seiner einen Fläche von einem Ringsinus umgeben, einer direkten Fortsetzung des radialen Schizocöllängskanales. Diese Schizocölräume werden von einem Endothel ausgekleidet, dessen Kerne oft weit in das Lumen hineinragen, da die Zellen selbst abgeplattet sind. Ihr Inhalt besteht nur aus einer hellen, klaren Flüssigkeit, die nur wenige Zellen enthält, die in Größe und Gestalt den Blutzellen gleichen.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten des inneren Teiles des Schizocölkanales, sobald Nervenzüge aus dem Radialnervenstamm austreten und zu den Füßchen ziehen. Fig. 1, Taf. 9 giebt einen Vertikalschnitt wieder, der dieses Verhalten näher illustriert. Mit *a* ist der zu der Füßchenampulle ziehende Ast des Wassergefäßes (welches auf dem Querschnitt getroffen ist) bezeichnet. Vergleicht man nun dieses Längsschnittbild mit einem Querschnitt durch den Kanal *a*, wie ihn Fig. 2 wiedergiebt (derselbe ist in der Richtung *bc* geführt), so ergiebt sich, daß der zu der Ampulle führende Ast des Radialwassergefäßes *a* begleitet

1) Vergl. Heft 2 dieser Beiträge.

wird von einem Ast des äußeren Schizocölraumes *Sch* [2], welcher in Fig. 1 mit *d* bezeichnet ist. Dieser Ast läuft in dem Teil der Wandung, welcher den Nervenast *N* birgt, und liegt, wie aus der Fig. 1 ebenfalls hervorgeht, nach innen von letzterem. Dieser Ast des Schizocölraumes läßt sich bis in das Füßchen hinauf verfolgen. Dieselben Zellen, wie sie im Schizocöllängskanal liegen, finden sich in ihm vor, und zwar oft in großer Menge. Daß in dieser Lakune (denn als wandungslose Lakune, die nur im Anfangsteil eine endothelartige Auskleidung zeigt, ist dieser Hohlraum in der Bindesubstanzschicht des Füßchens aufzufassen) die Ernährungsflüssigkeit sich bewegt, ist wohl mit Sicherheit anzunehmen, wenn auch ein direkter Zusammenhang zwischen den Blutlakunen des Darmes und den fünf radiären Schizocölräumen (*Sch* [1] und *Sch* [2]) nirgends zu konstatieren ist. Als Träger der Ernährungsstoffe sind die Blutzellen, jene amöboiden Zellen mit hellem, homogen erscheinendem Zellleib anzusehen, die in den Darmlakunen, in den übrigen Schizocölbildungen und in der Bindesubstanz angetroffen werden.

Kapitel 5.

Das drüsige Organ (sog. Herz).

Die Ansicht Hoffmann's [1]), daß das sogenannte Herz der Echiniden nichts anderes als der Steinkanal sei, und seine weiteren, diese Konfusion komplettierenden Schlüsse sind nur der Kuriosität wegen zu nennen. Teuscher [2]) erklärt dieses Organ für rudimentär und wird zu dieser Ansicht durch den Bau desselben bewogen, den er jedoch, da er offenbar nicht das beste Material zur Verfügung hatte, nicht richtig erkannt hat.

Einen großen Fortschritt in der Erkenntnis dieses Organes hat Perrier [3]) gethan, welcher es für eine Drüse erklärte. Es sollte sich dieselbe durch einen Kanal unterhalb der Madreporen-

---

1) Hoffmann, Über das Blutgefäßsystem der Echiniden, in: Niederl. Archiv Band 1. 1871—73. pag. 184.

2) Teuscher.

3) Perrier, Recherches sur l'appareil circulatoire des Oursins, in: Arch. de Zool. expér. et génér. Bd. 5. 1875.

platte nach außen öffnen. Mit dieser Anschauung sowie der Angabe, daß diese Drüse am unteren Ende geschlossen sei, kann man sich aber unmöglich befreunden, weil die Thatsachen dem vollständig widersprechen. Schnittserienreihen zeigen aufs unwiderlegbarste, daß dem nicht so ist, wie auch PERRIER's Angabe vom Fehlen des analen Blutsinus unrichtig ist (vergl. unten).

Nach diesem französischen Forscher ist es vor allem KOEHLER[1]), welcher die A. PERRIER'sche Ansicht, daß das sogenannte Herz ein Exkretionsorgan sei, bestätigt. Er bezeichnet dasselbe als eiförmige Drüse. Wenn dieser Forscher aber behauptet, daß in den sogenannten Polischen Blasen, wie er die fünf Anhangsorgane auf der Oberfläche der Laterne nennt, ein analoger Bau sich finde, so zeigt dies wie wenig seine Resultate leider mit den meinigen übereinstimmen. Es würde zu viel Raum in Anspruch nehmen, wollte ich alle die Einzelheiten in der Deutung der französischen Forscher besprechen, und lasse ich lieber die Thatsachen sprechen.

1. Arbacia postulosa.

Die Lage des Organes ist aus Figur 3, Tafel 7. *Dr* ersichtlich. Durch eine Membran ist dasselbe mit dem Steinkanal verbunden. Es reicht bis zum After, sich mehr und mehr verschmälernd um endlich blind im Schizocölraum zu enden. Am jungen Tiere läßt sich feststellen, — dies gilt auch für Echinus melo und acutus, Sphaerechinus granularis — daß das drüsige Organ bis in diesen Schizocölraum reicht. Der Bau bleibt sich in ganzer Ausdehnung derselbe. An dem der Laterne zugewendeten Anfangsstiel der Drüse treten, von der dorsalen Blutlakune (s. oben) herkommend, Äste heran und umspinnen dieselbe. Sie stehen in Verbindung mit dem analen Blutlakunenring. Die Farbe des Organes ist sehr verschieden bei den einzelnen Arten und wird von einem Pigment bedingt, welches in Körnern abgelagert ist, und zwar in Wanderzellen, die einen bestimmten Bau zeigen, der sie von anderen Wanderzellen (den in den Bluträumen befindlichen beispielsweise) unterscheiden läßt.

Fertigt man in ungefährer Mitte durch unser Organ einen Querschnitt an, so erhält man ein Bild, wie es in Fig. 3, Tafel 8 wiedergegeben ist. In einer Einbuchtung verläuft der Steinkanal,

1) KOEHLER, Recherches sur les Echinides des côtes de Provence. Marseille 1883.

das Organ in ganzer Länge begleitend. Er ist mit *St.-k.* bezeichnet und quer durchschnitten. Peripher gelagert sind die quer durchschnittenen Blutlakunen *BL* durch ihren dunkler gefärbten Inhalt kenntlich. Weiter liegen zentralwärts eine Anzahl von größeren Hohlräumen, die Wanderzellen enthalten. Bei Anwendung von stärkeren Objektiven zeigt sich, daß das ganze Gewebe des Organes von Hohlräumen durchzogen wird, welche die verschiedensten Dimensionen besitzen, so daß stellenweise das Bild eines Netzwerkes sich bietet.

Die größeren Hohlräume werden sämtlich von einem Endothel, das heißt von Bindesubstanzzellen, welche epithelial angeordnet sind, ausgekleidet. Daß dem so ist, läßt sich durch genaue Vergleichung der Querschnittsserien konstatieren. Mehr nach dem Anfangs- und Endteil des Organes zu sind weniger Hohlräume vorhanden, erst in der Mitte treten Lücken auf, welche miteinander verschmelzen, bis durch Zusammenfließen solch' große Hohlräume *H* entstehen, wie Figur 3, Taf. 8 zeigt.

Vor allem fällt das Pigment auf, welches mehr peripher abgelagert ist. Um die einzelnen, mit geronnener Blutflüssigkeit angefüllten Lakunen ist es in farbigen Konkrementen, unregelmäßig gestalteten Körnern und Körnchen abgelagert, die sich mit Anilingrün beispielsweise färben. An ungefärbten Schnittpräparaten tritt es in Gestalt von gelblichen oder bräunlichen Körnern auf.

Das Gewebe, aus welchem sich unser Organ zusammensetzt, ist die Bindesubstanz, welche in netzförmiger Gestalt vorhanden ist. Bald sind die Maschen eng, bald größer, und die Wandung derselben wird bald von feinen miteinander verklebten Fibrillen gebildet, bald sind es gröbere Balken, oder aber auf Strecken ist die Grundsubstanz, die an Schnittpräparaten ein grob granuliertes Aussehen zeigt, mehr ausgebildet. Dann liegen in ihn unregelmäßige Zellen eingebettet oder Zellkerne, die deutlich nach Färbung hervortreten.

Alle Maschen und Lücken des Organes sind angefüllt und oft ganz vollgepfropft von Wanderzellen, welche stark lichtbrechende Konkremente in ihrer Zellsubstanz eingelagert tragen. An den mit Chromsäure konservierten, mit Hämatoxylin-Methylgrün gefärbten Organen zeigen diese Zellen folgenden Bau. Die lichtbrechenden Körper sind meist entfernt, und zeigt die Zellsubstanz ein netzförmiges Gefüge, in dessen Maschen eben die Körner lagen. Dieses Netzwerk färbt sich, mit Anilinfarben behandelt, gering. Der kuglige Zellkern tritt tiefblau tingiert hervor. Die gleichen

Wanderzellen, denn um solche handelt es sich, sind in den Blutlakunen anzutreffen. Sie messen (konserv. Exempl.) 0,008—0,01 mm.

Außer diesen großen Zellen sind kleinere Zellen vorhanden, wie sie auch den Endothelbelag der größeren Hohlräume bilden.

Die verschiedenen Organe, welche ich von dieser Art untersuchte, zeigten sich bald mehr, bald weniger angefüllt von solchen großen Zellen.

An denjenigen Stellen, an welchen die Pigmentkörner abgelagert werden, trifft man die Zellen entweder in sehr schlecht konserviertem Zustande, in Zerfall, oder aber man sucht vergebens nach ihnen.

Ich glaube, daß die Ausscheidung dieser Konkrementhaufen des Pigmentes u. s. w., diesen in das Organ eingewanderten Zellen zuzuschreiben ist. Damit würde auch ein Recht bestehen, dieses Organ als ein drüsiges zu bezeichnen.

2. Sphaerechinus granularis.

Die vorzüglichsten Präparate erhielt ich von dem drüsigen Organ dieser Art nach Färbung mit Anilingrün. Auf dem Querschnitt zeigt unser Organ eine bohnenförmige Gestalt. An der konvexen Fläche liegt der Steinkanal. Die ganze konkave Fläche wird von Blutlakunen (Fig. 1, Taf. 8) umsponnen, deren einzelne quer durchschnitten sind. Die geronnene Blutflüssigkeit färbt sich schwach hellgrün in einer ähnlichen Nuance wie die Bindesubstanzfibrillen. Die Zellkerne der Bindesubstanzzellen sind tief grün tingiert, während ihr Plasma einen hellen Ton angenommen hat. Am stärksten treten die Zellen im Steinkanal hervor. Die spindligen Keime seines Innenbelages sind blaugrün gefärbt. Durch diese Färbung ist es weiter möglich, mit Leichtigkeit die Wanderzellen herauszufinden, welche die stark lichtbrechenden Körner tragen, da diese ziemlich stark den Farbstoff aufnehmen.

Wie bei dem drüsigen Organ der vorigen Art, so treten auch hier eine Anzahl von Hohlräumen im Innern auf, welche mit einem Endothel ausgekleidet sind (Fig. 1 auf Tafel 8 *H*).

Betrachtet man einen Querschnitt durch das Organ dieser Art, so sieht man die Hauptmasse desselben, soweit diese nicht von den größeren Hohlräumen durchsetzt ist, aus polygonalen, meist sechseckigen Maschen bestehend, in denen Zellen eingelagert liegen. Fig. 1 auf Tafel 8 giebt einen Teil eines Querschnittes stärker vergrößert wieder. Peripher sind die Blutlakunen gelagert und

quer durchschnitten. Nach innen zu beginnen sich die Bindesubstanzfibrillen zu dem regelmäßigen Netzwerk anzuordnen. Die Zellen, welche man zwischen diesen Maschen antrifft, sind amöboid beweglich und je nach dem Zustand, in welchem sie sich bei der Kontraktion befanden, ist ihre Gestalt verschieden. Meist sind sie sternförmig. Die Zellsubstanz, welche sich wenig färbt, umhüllt den kugligen Kern, der stets dunkel gefärbt wird. Der größte Teil derselben ist jedoch in Pseudopodien ausgestreckt. Außer diesen Zellen, die oft zu mehreren in den Maschen liegen, sind die mit Körnern angefüllten Wanderzellen vorhanden. Sie liegen teils in der Blutflüssigkeit, teils aber in dem Gewebe des Organes. Außer ihnen ist Pigment zahlreich vorhanden, ganze Ballen liegen hier und da in den Maschen. Sie tingieren sich sämtlich mit Farbstoff.

Wenn wir den Bau dieses Organes vergleichen mit den bei Arbacia geschilderten Verhältnissen, so sind folgende Punkte hervorzuheben: In beiden Fällen haben wir die gleichen Wanderzellen mit Körnchen und Konkrementen, welche in der Blutflüssigkeit, wie im Gewebe des Organes liegen. Weiter ist Pigment in beiden Fällen in sehr großer Menge angehäuft. Während aber bei Sphaerechinus amöboide Zellen die Hauptmasse des Organes ausmachen, ist bei Arbacia dies nicht der Fall. Diese Zellen waren hier spärlicher vorhanden.

Die Resultate, welche ich eben zusammengefaßt habe, gründen sich auf die Untersuchungen über die Organe von zehn Sphaerech. granularis, und waren stets dieselben Bauverhältnisse vorhanden. Koehler [2]) hat den Bau dieses drüsigen Organes, wie schon erwähnt wurde, bei Sphaerech. granul. untersucht, und stimmen seine Angaben, was den maschigen Bau, die amöboiden Zellen und Ablagerungen von Pigment anlangt, mit den meinigen überein. Die mit Konkrementen erfüllten Zellen erwähnt er jedoch ebensowenig, als er sie abbildet (Taf. 6, Fig 41 seiner Abhandlung). Daß die Blutlakunen das drüsige Organ umspannen, ist ihm entgangen. Dieser Punkt ist jedoch von besonderer Wichtigkeit, wenn wir daran gehen, die Bedeutung des Organes zu erörtern.

---

1) Ich verdanke diese Flüssigkeit der Güte des Dr. Schieffer-decker. Die Schnitte wurden von mit Chromsäure $^1/_2{}^0/_0$ gehärteten Organen angefertigt und einzeln gefärbt, ohne vorher auf den Objektträger aufgeklebt zu sein.

2) Koehler, Recherches sur les Echinides des côtes de Provence. pag. 73.

Das drüsige Organ der Asteriden und Echiniden.

Vergleicht man meine Darstellung über den Bau dieses Organes der Echiniden mit jenen früheren Angaben über das gleiche Organ der Asteriden (Heft 2 dieser Beiträge), so könnte zunächst erscheinen, als wenn beide Organe nichts miteinander zu thun hätten, und doch ist ihr Bau im Prinzip ein gleicher.

Ich schilderte das drüsige Organ der Asteriden etwa kurz in folgender Weise: In der Jugend besitzt dasselbe nur wenige Hohlräume, Kanäle, die miteinander kommunizieren. Die Wandung zwischen diesen Kanälen wird durch das Bindesubstanzgewebe ausgefüllt. Umhüllt wurde das Organ von einem aus abgeplatteten Zellen bestehenden Epithel.

Am dorsalen wie ventralen Ende traten Blutlakunen in die Drüse ein, indem die Wandung derselben in die der ersteren überging. Als Inhalt der Kanäle fand ich Zellen, welche ich als Innenepithel beschrieb. „Von diesem Epithel können sich einzelne Epithelzellen loslösen. Diese liegen dann im Hohlraum.“ Nach meinen jetzigen Befunden an Echiniden muß ich dieser Tatsache folgende Deutung geben: Die Zellen liegen in den einzelnen Hohlräumen lose, bewegen sich amöboid und setzen sich an den Wandungen fest. Die Abbildung, Fig. 58 auf Taf. 7 in Heft 2, zeigt, wie diese Deutung die richtigere ist. Hier sieht man einen Kanal gänzlich erfüllt von Zellen, so daß sein Lumen fast verstopft erscheint, während bei einem anderen nur wenige sich der Wandung anlegen.

Daß diese amöboiden Zellen die Hauptträger des Pigments sind, stimmt überein mit dem Verhalten bei den Echiniden.

Bei diesen Gruppen schilderte ich, wie ebenfalls Pigmentzellen in die aus Bindesubstanz bestehende Drüse einwandern, indem sie mit eigentümlichen Körnchen erfüllt sind, und daß es in der Drüse zur Ablagerung von Pigmentzellen kommt. Münden bei Asteriden die Blutlakunen an den beiden Enden der Drüse in diese ein, so ist dies bei den Echiniden nicht der Fall. Bei ihnen liegen die Blutlakunen peripher und umspinnen das drüsige Organ.

In beiden Gruppen hat unser Organ keinen Ausführkanal. Die für den Körper nicht mehr brauchbaren Stoffe scheinen in diesem Organ aus dem Blute ausgeschieden zu werden. Als Träger derselben sind die amöboiden Zellen jedenfalls anzusehen.

Die Zellen des Enterocöls, Wassergefässsystems und der Bindesubstanz.

In der Leibeshöhle, dem Enterocöl, kommen neben anderen Gebilden amöboide, glasig helle Zellen vor, welche oft zu mehreren miteinander verklebt sein können. In ihrer hellen Zellsubstanz tritt der meist kuglige Zellkern deutlich hervor. Um denselben ist eine fein gekörnte oder fein fasrige Masse vorhanden, welche wenig Farbstoffe aufnimmt. Von diesen Zellen scheinen gar nicht unterschieden werden zu können die amöboiden Zellen in der Inhaltsflüssigkeit des Wassergefäßsystems. Da diese Zellen sämtlich amöboid sind, steht nichts im Wege, daß wir annehmen, daß sie in die Gewebe aus- und einwandern und in die verschiedenen Hohlräume des Körpers gelangen können. Damit wäre auch die Möglichkeit vorhanden, daß die Zellen in der Blutflüssigkeit, deren Gestalt und Verhalten Farbstoffen gegenüber ein übereinstimmendes ist, mit diesen Zellen identisch sind.

Von diesen Zellen mit ihrer hellen, fast homogen erscheinenden Zellsubstanz sind, zunächst wenigstens, streng zu unterscheiden die Wanderzellen mit Einschlüssen oder körniger Zellsubstanz. Sie sind vor allem schon durch ihre Größe ausgezeichnet. Wanderzellen mit Körnereinschluß findet man in fast allen Lagen des Körpers in der Bindesubstanzschicht, besonders in den Mundkiemen und im drüsigen Organ, sodann in den peripher gelagerten Blutlakunen dieses Organes (Fig. 2, Taf. 8). In der Drüse von Sphaerechinus granularis sind sternförmige amöboide Zellen allerdings in überwiegender Anzahl vorhanden und die Wanderzellen mit Körnern in der Minderheit.

Was ihre Größe anlangt, so haben sie einen Durchmesser von ungefähr 0,01 mm; ihr Kern mißt 0,003 mm. Sie sind meist von eiförmiger bis kugliger Gestalt und angefüllt mit stark lichtbrechenden Körnern, welche in Osmiumsäure sich nur sehr schwach bräunen, Anilinfarben hingegen begierig aufnehmen, so besonders Anilingrün. Durch die Menge der Körner ist die eigentliche Zellsubstanz zurückgedrängt und bildet ein Netzwerk, in dessen Maschen eben die kugligen Körner liegen.

Von gleicher Größe sind die Wanderzellen, deren Zellsubstanz ohne diese Körner ist und ein granuliertes Aussehen zeigt. Solche Zellen liegen ebenfalls in der Bindesubstanz. Über die Funktionen

aller dieser Zellen herrscht keine Klarheit. Die Ansammlungen von Wanderzellen mit Einschlüssen, seien es nun Körner oder Pigmente, wie sie in den Kiemen und in der Drüse zich zeigen, deuten vielleicht darauf hin, daß sie mit dem Stoffwechsel in engstem Konnex stehen.

Kapitel 6.

Der Darmtractus.

Es lassen sich histologisch vier Abschnitte im Darmkanal unterscheiden, der Schlund, der Magendarm, Dünndarm und Enddarm. Hierzu kommt der Nebendarm, welcher den Dünndarm eine Strecke lang begleitet.

Die Schale ist auf der Unterseite als Mundhaut mit Kalknetzen von unbestimmter Gestalt versehen und erscheint im Gegensatz zu den übrigen Teilen der Körperwand weich. Im Zentrum liegt die Mundöffnung von gewulsteten Lippen umgeben. Pedizellarien von verschiedener Gestalt, vor allem aber die mit quer gestreiften Fasern und die (bei einigen Arten mit Drüsen versehenen) ophiocephalen Gebilde liegen im Umkreis, zwischen sich die zehn Mundfüßchen bergend.

Die Lippe, das Peristom, ist meist von lauter Höckern überdeckt. Die Mundhaut setzt sich nach innen zu in den Schlund fort, welcher vor seinem Eintreten in den oberen Teil des Kauapparates (Laterne) mit fünf wulstigen Lippen beginnt. Wird der Kauapparat, und zwar die Zähne, geöffnet, so entsteht, sobald die Wandung, welche diese wulstigen Vorsprünge bildet, sich glättet, eine geräumige Mundhöhle, aus der der engere Oesophagus sich am Grunde erhebt, um als dünner Cylinder in der Axe des Kauapparates denselben zu durchsetzen. In seinem Anfangsteil wird er von fünf Bändern begleitet, die an den Rotulis inserieren. Äußerlich ist hier sein Übergang in den Magen kenntlich durch eine kreisförmige Einschnürung [1]).

---

1) Ich habe dieselben Bezeichnungen für die einzelnen Darmabschnitte angewendet, wie bei den Asteriden und bei Synapta. Frühere Forscher unterscheiden Schlund, Speiseröhre (= Magen), Darm und Rectum, so Bronn, Leydig und neuerdings Koehler.

In der ganzen Länge des Darmes sind es dieselben Schichten in derselben Lagerung, welche die Wandung zusammensetzen. Dem Darmepithel zugekehrt liegt stets die Längsmuskelschicht und nach außen von ihr die Ringsmuskelschicht. Nur im Oesophagus fehlen die longitudinalen Muskelfasern.

Der Schlund besteht aus 1) dem Innenepithel, 2) einer Bindesubstanzschicht, 3) der aus cirkulären Fasern gebildeten Muskelschicht und 4) dem Leibeshöhlenepithel. Wie schon die älteren Forscher (Krohn) erkannten, zeichnet sich der Schlund durch fünf große in sein Lumen vorspringende Leisten aus; bei älteren Tieren haben sich weitere Hervorragungen gebildet. Diese jüngeren Wulste erreichen die größeren niemals an Länge.

1) Die Epithelschicht setzt sich zusammen aus Drüsenzellen und gewöhnlichen Epithelzellen. Die Oberfläche ist mit Wimpern bedeckt, wie Leydig[1]) schon angiebt. Die Drüsenzellen scheinen meist auf den Anfangsteil des Schlundes, auf die Mundhöhle, beschränkt zu sein. Ihre Gestalt ist flaschenförmig, ihr Inhalt besteht aus stark lichtbrechenden Körnchen, die in Karmin ungefärbt bleiben. Basalwärts setzen sich diese Zellen in Fortsätzen, Stützfasern, fort. Mit Osmiumsäure konservierte Seeigel zeigten in diesen Drüsenzellen ein großmaschiges Netzwerk. Neben diesen Drüsenzellen, deren Inhalt ungefärbt bleibt, kommen feine haarförmige Zellen vor, deren ovaler Kern in einer Anschwellung des sonst fadenförmigen Zellleibes liegt. Die basalen Fortsätze sind oft sehr zart, oder stärker gebaut, von einer stark lichtbrechenden Substanz, die fast gänzlich ungefärbt bleibt (vergl. Fig. 6 auf Taf. 7).

Außer diesen Zellen trifft man solche an, deren oberer freier Teil erweitert erscheint. Sie zeigen einen stark lichtbrechenden, fein granulierten Inhalt (Centrosteph. longisp.). Eine Cuticula ist nicht vorhanden, die Oberfläche der Zellen ist wenig begrenzt, und es hat den Anschein, als ob aus diesen Zellen ein Sekret ausgeschieden würde, welches ihre freie Oberfläche überzieht.

Zwischen diesen Zellen, welche das Epithel bilden, trifft man auch solche, welche noch nicht bis zur Peripherie reichen. Besonders fällt dieses Verhalten im Magen- und Dünndarm auf. Diese Zellen sind wahrscheinlich Ersatzzellen. Die Bindesubstanzschicht ist nach dem Epithel zu durch eine feine, dünne, hyaline Basalmembran abgegrenzt. Sie ragt in Gestalt von Papillen in

1) Leydig, Lehrbuch der Histologie.

das Epithel hinein, und auf diese Weise kommen die Wulste zur Bildung. Die Grundsubstanz ist von zähflüssiger Consistenz. Spindlige, hier und da auch sternförmige Zellen sind mit ihren Ausläufern in ihr vorhanden. Zahlreich sind amöboide Zellen vertreten, welche den körnigen Inhaltskörpern in der Blutflüssigkeit gleichen.

Häufig kommen Pigmentzellen vor, so bei Sphaerechin. granul. Der bei weitem größte Teil dieser sich, wenn auch nur ungemein langsam, bewegenden Zellen liegt zwischen den Epithelzellen. Hier gelingt es selbst noch an feinen Schnitten nachzuweisen, daß das Pigment an Zellen gebunden ist.

Bei Arbacia pustulosa ist das Pigment in den freien Enden der Epithelzellen abgelagert. Braunschwarze Körner liegen so dicht gedrängt, daß die Oberfläche des Darmes schwarz erscheint. Außerdem füllt sich die Bindesubstanzschicht der Papillen oft auf weite Strecken mit den Pigmentanhäufungen an. Das Schlundepithel dieser Art zeichnet sich durch die Einförmigkeit in seinen Zellen aus. Ich traf nur solche Zellen, wie sie in Fig. 11 Taf. 7 abgebildet sind. Ihr Inhalt besteht aus stark lichtbrechenden Körnchen. Streckenweise kommt eine Cuticula zur Ansicht.

Der Magen, durch eine cirkuläre Furche vom Schlund getrennt, zeigt besonders in dem dem Dünndarm genäherten Abschnitt zahlreiche Drüsen, deren Zellen von den Zellen des Oberflächenepithels sich beträchtlich unterscheiden. Der Magen ist durch Faltenbildungen und papillöse Erhebungen ausgezeichnet. In den Furchen und Einsenkungen liegen die Drüsen, die jedenfalls zu den Schleimdrüsen zu zählen sind. (Fig. 7, Taf. 7.)

Die Wandung wird von denselben Schichten gebildet wie die des Schlundes, nur kommen longitudinal verlaufende glatte Muskelzellen hinzu, welche in Bündeln zusammenliegend, nach innen von der cirkulären Muskelschicht verlaufen.

Die Zellen des Epithels zeigen auf dem Querschnitt nach Färbung mit neutraler Karminlösung ein matt glänzendes Aussehen. Ihr cylindrischer Zellleib ist an seiner freien Basis becherglasartig erweitert, und entweder ist dieser Teil mit einer feinkörnigen Substanz gefüllt, oder erscheint fast homogen. Die einzelnen Zellen sind gegeneinander scharf getrennt; daß sie besondere Membranen an den Mantelflächen besitzen, erscheint wenig wahrscheinlich. Unterhalb des erweiterten Endes liegt der Zellkern, und die Zelle setzt sich hier mehr und mehr verjüngend in einen Fortsatz fort. Bei einigen Echiniden sind in diesen erweiterten Endteilen Pigmentkörnchen vorhanden, so bei Arbacia pustulosa. Zwischen den basalen Fortsätzen verlaufen die Nervenfaserbündel.

In den Furchen zwischen den papillösen Erhebungen liegen die Drüsenzellen. Ihr Zellleib erscheint mit feinen Körnchen erfüllt. Der Kern liegt in der Basis der Zelle und ist meist kuglig bis oval. Bei Centrosteph. longisp. liegen diese Drüsen nicht nur in der Tiefe der Gruppen, sondern auch auf den Seiten der Papillen, wie Fig. 5, Taf. 8 zeigt. Der Inhalt der Zellen färbt sich nicht, nur der Kern und die ihn umgebende Substanz tingieren sich.

Die Bindesubstanzschicht zeigt die schon oben bei Schilderung des Schlundes beschriebenen Verhältnisse; Lücken und Spalträume treten besonders in dem Endteile auf, da wo der Nebendarm sich vom Magen abzweigt und dieser in den Dünndarm mündet. In diesen Lücken ist die Blutflüssigkeit mit ihren charakteristischen Zellen in geronnenem Zustande nachweisbar.

In der Bindesubstanz liegen die Längsmuskelfasern, zu ungefähr fünf oder mehr ein Bündel bildend. Sie liegen in Abständen voneinander. Nach außen von ihnen befindet sich die aus cirkulären, gleichen Fasern zusammengesetzte Muskelschicht, mehrere Lagen bildend. Nach außen von diesen trifft man noch auf eine geringe Menge von Bindesubstanz, so daß also auch diese Muskelschicht von dem Außenepithel durch dieselbe getrennt ist. Diese äußere Lage ist jedoch oft von so geringer Ausdehnung, daß sie kaum hervortritt.

An derjenigen Stelle, wo der Magen in den Dünndarm eintritt, zweigt sich der Nebendarm *ND* ab, um neben dem Dünndarm, mit ihm durch ein Mesenterium verbunden, zu verlaufen. Die ventrale Blutlakune setzt sich jetzt nicht auf den Dünndarm fort, sondern liegt dem Nebendarm unmittelbar auf, wie ein Querschnitt durch die drei Organe zeigt. Fig. 1, Taf. 7 läßt dieses Lageverhältnis deutlich erkennen. Während nun der Nebendarm im weiteren Verlaufe durch einen größeren Abstand, als in der Fig. 1 ersichtlich ist, vom Dünndarm getrennt sein kann, so liegt die Blutlakune immer letzterem eng an.

Die Wandung des Dünn- wie Nebendarmes ist die gleiche. Bei beiden folgt auf das Innenepithel die Bindesubstanzschicht und nach außen von dieser gelegen schwach entwickelte Längsmuskelfasern und die ebenfalls nicht zu einer kontinuierlichen Lage vereinigten cirkulär verlaufenden Muskelfasern. Die Muskelschichten, besonders die letztere setzt sich auf die Wandung der Blutlakune fort, welche außen von dem Peritonealepithel überzogen wird, in gleicher Weise wie der Darm und die Mesenterien.

Der Dünndarm zeigt in seinem Epithel Erhebungen, welche cirkulär verlaufen, bald mehr oder weniger stark ausgebildet sind. Besondere Drüsenzellen habe ich bei keiner Art gefunden. Die Zellen des Epithels besitzen lange Wimpern, ihre Gestalt ist cylindrisch. Nach der Basalmembran zu erscheinen die Zellen meist in einem Fortsatz spitz zuzulaufen. Ihre Substanz ist fein granuliert, nach Pikrokarminfärbung und vorheriger Behandlung mit Flemming'schem Chrom-Osmium-Essigsäuregemisch tritt ein Netzwerk in der Zellsubstanz undeutlich auf. Nur der Zellkern von ovaler bis kugliger Gestalt färbt sich tief, während die Zellsubstanz mit Karmin ungefärbt bleibt (Fig. 9 Taf. 7).

Ein junger Sphaerechinus granularis, dessen Darm voll angefüllt war mit Nahrung, meist Diatomeen und niederen Algen, war mit Osmiumsäure konserviert und nachher in toto mit neutraler Karminlösung gefärbt.

Die Epithelzellen zeigten sich meist hervorgewölbt, ihre freien Enden oft birnförmig aufgetrieben. Die Zellsubstanz ist zum größten Teile, das heißt bis an den Kern, der ja der Basis nahe liegt, angefüllt mit Körnern, welche sich mit Osmium stark geschwärzt haben, während die Zellsubstanz, in der sie liegen, einen grauen Ton angenommen hat. Es werden nun nicht bloß die schwarz gefärbten Körner frei, sondern es schnürt sich der vordere birnförmige Zellteil ab und kommt frei in das Lumen zu liegen. Daß dieser abgestoßene Teil mit dazu dient, die kugligen Exkrementballen, welche bei allen Echiniden durch den After entleert werden, zu bilden, ist sehr wahrscheinlich.

Das Epithel des Nebendarmes, welches sich in Längsleisten hervorhebt, setzt sich aus Wimperzellen von cylindrischer Gestalt zusammen. Die Zellsubstanz ist fein gekörnt und färbt sich nicht, nur der Kern zeichnet sich durch seine Tinktionsfähigkeit aus. Die Bindesubstanzschicht enthält wenig Fasern und Zellen. Die Blutlakune, welche ihm anliegt, ist als nichts anderes aufzufassen als ein longitudinaler Hohlraum in der Bindesubstanzschicht der an dieser Stelle hervorgewölbten Wandung des Nebendarmes.

Am jungen, im Durchmesser 2 mm messenden Echinus besteht das Innenepithel aus kubischen Zellen, wie Figur 5, Tafel 7 wiedergiebt. Die Blutlakune ist nur sehr gering ausgebildet und an noch jüngeren Tieren kaum aufzufinden. Was den letzten Abschnitt des Darmes anlangt, das Rectum, so zeichnet es sich durch sein im Verhältnis zum Durchmesser des Darmes niedriges Cylinderepithel aus. Die Zellen besitzen eine fein gekörnte Sub-

stanz, die sich nicht färbt. Jeder Zelle scheint eine Anzahl von Wimpern aufzusitzen. Besonders die Ringsmuskelschicht zeigt sich stark entwickelt.

Die Hauptschichten, welche die Wandung des Darmtractus zusammensetzen, hat Hoffmann bereits beschrieben. Er unterscheidet noch eine äußere Bindesubstanzschicht, welche zwischen dem Peritonealepithel und der Muskelschicht gelegen ist. Ich kann nicht diese Ansicht teilen, da diese sogenannte äußere Schicht nichts anderes ist als die zwischen den Muskelfasern liegende Bindesubstanz, welche nie als eine besondere Schicht hervortritt (vergl. das oben Gesagte). Der Darstellung dieses Forschers über die Innenepithelien, welche aus „großen, runden Zellen" bestehen sollen, kann ich mich nicht anschließen. Daß dem gesamten Darmtractus ein Flimmerepithel abgehen soll, kann ich bestimmt für den letzten Teil, das Rectum, bestreiten, da hier selbst noch auf Schnitten die Flimmern zu konstatieren sind. Die Angaben und Abbildungen über den Verlauf von Blutlakunen in der Darmwandung können keinen Anspruch auf Richtigkeit machen, da man bei Echinodermen alles, was man nur will, injizieren kann. Je nach dem Drucke, mit dem die Injektionsmasse in eine Blutlakune eingeführt wird, erhält man ein Lakunennetz, bis schließlich die ganze Bindesubstanzschicht mit der Flüssigkeit erfüllt ist. Nur aus Schnittpräparaten können sichere Resultate gewonnen werden, nie aus Injektionspräparaten, wie am besten aus den sich widersprechenden Angaben aller dieser Methode bei den Echinodermen huldigenden Forscher hervorgeht. Wie oft hat man einen Zusammenhang zwischen Blut- und Wassergefäßsystem geglaubt konstatieren zu müssen, weil die Injektionsflüssigkeit bei den lockeren Geweben der Echinodermen nie in dem Raum und seinen Verzweigungen bleibt, in welchen sie injiziert wird, sondern stets in die benachbarten Räume durch die Bindesubstanz hindurchdringt. — Bei Koehler[1]) finden wir die Schichten der Wandung in der Weise angegeben, wie ich es oben gethan habe. Nur seine Angaben über das Vorkommen der longitudinalen Muskelfasern kann ich nicht teilen.

Die Geschlechtsorgane.

Der Bau der Geschlechtsorgane ist bisher nur an mit den reifen Geschlechtsprodukten gefüllten Organen untersucht worden.

1) Koehler, in: Annales du Musée de Marseille. Zoologie.

Es ist mir gelungen, die Organe in ihrer Entstehung beobachten zu können, sowie den Zusammenhang mit Blutlakunen, welche aus dem analen Blutlakunenring in die Wandung der Geschlechtsschläuche eintreten, aufzufinden. Dabei schicke ich voraus, daß zwischen der Anlage der Organe und den Schizocölbildungen bei Echiniden und den früher geschilderten Asteriden eine merkwürdige Übereinstimmung herrscht, die bei einer allgemeinen Betrachtung mit zu verwerten sein wird.

1) Die erste Anlage der Geschlechtsorgane, welche ich an jungen, 1—2 mm großen Echiniden die Gelegenheit hatte zu beobachten, besteht aus eiförmigen Bläschen, in denen noch kein oder doch das Lumen erst im Entstehen begriffen war. An den fünf Genitalplatten zeigen sich da, wo später der Ausführgang die Körperwandung durchbricht, an Längsschnitten, welche parallel zur Dorso-ventral-Axe des Tieres gelegt sind (Figur 7, Tafel 1), nach innen durch eine anfangs geringe Erhebung hervortretend, die fünf Anlagen. Dieselben stehen untereinander in Zusammenhang durch eine cirkulär verlaufende Genitalröhre, welche mit denselben Zellen erfüllt ist wie die an fünf Punkten als Säckchen hervorsprossenden Genitalanlagen, den Urkeimzellen, aus welchen sich Ei- und Spermazelle entwickeln. Diese Genitalröhre liegt, einen Kreis beschreibend, im dorsalen Schizocoelring, und zwar in einem vorerst noch mäßig entwickelten Bindegewebsseptum, welches aber später in seiner verdickten Wandung in Lücken Blutflüssigkeit führt und den analen Blutlakunenring darstellt. Die Genitalröhren selbst atrophieren und sind am erwachsenen Tiere nicht mehr vorhanden. Diese Urkeimzellen besitzen einen großen kugligen Kern und liegen in der Genitalröhre unregelmäßig verteilt, da sie amöboid beweglich sind.

2) Das zweite Stadium, in welchem die Geschlechtsorgananlage weiter ausgebildet ist, kennzeichnet sich durch die größere Hervorwölbung derselben in die Leibeshöhle. Das Organ ist nicht mehr ein Bläschen, sondern erscheint nach einer Seite, dem Cölom zugewendet, in die Länge gewachsen und gleicht so einem Schlauch, der blind geschlossen ist. Figur 8 auf Tafel 1 dient zur Orientierung dieses Stadiums. — Der Schizocölraum, das heißt, der das Bläschen umgebende Spaltraum in der Bindesubstanz (Fig. 7) wird von Bindesubstanzzellen ausgekleidet von abgeplatteter Gestalt. Auf Schnitten sieht man nur immer die ovalen Kerne in den Raum hervorragen, während der Zellleib bis auf wenig den Kern umgebende Substanz, die sich mit Karmin

u. s. w. färbt, fast homogen erscheint. In Figur 8, wo die Genitalanlage außerhalb der Wandung zu liegen gekommen ist, liegt dieser Schizocölraum bereits centralwärts, dem Afterfeld zugekehrt. Die fünf Schizocölräume stehen von Anfang an in Verbindung mit den der Genitalanlagen, verschmelzen miteinander und gehen so die Bildung eines Schizocölsinus ein, den ich oben als analen Schizocölraum beschrieben habe und dessen Lage und Gestalt aus Figur 4 und 6 auf Tafel 1 hervorgeht, wo er mit *ABR* bezeichnet ist.

Figur 6 giebt einen Vertikalschnitt durch die Genitalplatte von einem Sphaerechinus wieder, bei welchem bereits der Ausführgang des Geschlechtsorganes zum Durchbruch gekommen ist, *AG*. Mit *SchR* ist der schizocöle Analraum bezeichnet, der aus Verschmelzung der fünf Schizocölräume der Genitalanlagen hervorgegangen ist. War nun bei jungen Tieren ein Blutlakunenring noch nicht vorhanden, so haben wir an geschlechtsreifen Formen denselben in ausgebildetem Zustande. In Figur 6 ist derselbe quer durchschnitten und mit *ABR* gekennzeichnet. Von großer Bedeutung ist es, daß von diesem analen Blutlakunenring in jeden der fünf Genitalschläuche Blutlakunen in die Wandung derselben eintreten. In Spalträumen der Bindesubstanzschicht trifft man auf die Blutflüssigkeit (vergl. Fig. 6 *BL*). Zunächst tritt die Blutlakune in den Ausführgang des Geschlechtsorganes ein. Auf jeden der seitlichen Äste zweigen schon äußerlich kenntliche Lakunen ab, in der Bindesubstanzschicht der Wandung als Spalträume auftretend.

Jedes der fünf Geschlechtsorgane besteht aus einem sich in den Ausführgang direkt fortsetzenden Schlauch, an welchem seitlich Äste hervorsprossen, welche wiederum von seitlichen Zweigen besetzt sind. Auf diese Weise kommt der oft komplizierte Bau der Geschlechtsorgane zustande.

Den Bau der Wandung hat neuerdings Koehler[1]) geschildert. Die Wandung setzt sich nach ihm zusammen aus dem äußeren die Geschlechtsschläuche überkleidenden Epithel, Bindesubstanzschicht, Muskelschicht und Innenepithel. In der Bindesubstanzschicht unterscheidet er weiter eine äußere Lage mit transversal angeordneten Fasern und eine innere, aus longitudinal verlaufenden bestehend.

Das Keimepithel aus dem Ovarium eines (2 cm Durchm.) jungen Echinus zeigte folgendes Verhalten: Neben bereits deutlich hervortretenden Eiern lagen streckenweise oft gehäuft die Epithel-

1) Koehler, loc. cit. pag. 57.

zellen, von denen die meisten die verschiedenste Größe zeigten (vergl. Figur 16 auf Tafel 6). Der Kern der Zellen wird zum Keimbläschen, das sich durch sein Lichtbrechungsvermögen frühzeitig auszeichnet. Da, wo nun eine Zelle sich als junge, wachsende Eizelle dokumentiert, geschieht es, daß sie die benachbarten in gleicher Weise in die Höhe hebt, so daß sie ihr anhaften wie Zellen eines Follikelepithels. Dieser Zustand dauert aber nicht lange, da die Zellen, haben sie erst eine gewisse Größe erreicht, ohne jeden Zellbelag sind und im späteren Stadium eine Dotterhaut abscheiden. Es unterscheiden sich somit die reifen Eier der Echiniden von denen der Asteriden und Holothurien in vielen Stücken. Die reifen Eier, welche ich bei Strongylocentrotus lividus im Ausführgang antraf, besaßen nur teilweise noch ein Keimbläschen mit Keimfleck; anderen fehlte derselbe vollkommen und war durch kein Färbemittel nachzuweisen.

Kapitel 7.

Die Bindesubstanz.

Die bisher noch wenig untersuchte Bindesubstanz der Echiniden bietet eine Menge von verschiedensten Modifikationen. Von gelatinöser, gallertartiger Beschaffenheit bis zu knorpelartigen Bildungen zeigen sich mancherlei Übergänge. Dabei braucht es in beiden extremen Formen nicht zur Verkalkung der Grundsubstanz und zur Bildung von Kalkplatten zu kommen.

Immer lassen sich drei Elemente unterscheiden, nämlich die Grundsubstanz, Zellen und Fasern, welch' letztere in Zusammenhang mit den Zellen stehen, oder doch, falls dies am erwachsenen Tiere nicht immer nachweisbar sein sollte, nie anders als durch Indielängewachsen von Zellen entstanden sind.

Die als retikuläre Bindesubstanz zu bezeichnende Modifikation der Bindesubstanz ist als die am meisten verbreitete im Echinidenkörper anzusehen. Es ist die von Haeckel[1]) als Clathralgewebe bezeichnete Art. Wir treffen auf diese retikuläre Anordnung überall da, wo es zur Bildung von Kalkplatten ge-

1) Haeckel, Ursprung und Entwicklung der tierischen Gewebe, ein histogenetischer Beitrag zur Gastraeatheorie, Jena, 1884, pag. 58.

kommen ist, also in der Körperwand. Wie bei den Wirbeltieren die retikuläre Bindesubstanz ein Stützgewebe für die verschiedensten Organe darstellt, so ist es bei den Echiniden als Stützgewebe für die Kalkplatten thätig.

Wie der Name andeutet, bildet dieses Gewebe eine Art Netzwerk, ein Reticulum. Die Balken des Netzwerkes sind oft von verschiedener Stärke, sowie die Maschen in ihrer Größe wechseln können. In den Maschen treten Knotenpunkte auf, in denen Zellkerne, von körniger Substanz umgeben, sich finden. Es besteht dieses Gewebe somit aus sternförmigen Zellen, deren Fortsätze miteinander in Verbindung stehen und so ein Netzwerk herstellen. Eine genaue Abgrenzung der einzelnen Zellen gegeneinander ist kaum möglich, da dieselben vollständig vereinigt sind (Fig. 9, Taf. 6 und Fig. 12, Taf. 13). Diese Beschreibung gilt von dem entkalkten Gewebe. Untersucht man das seine Kalkplatten noch besitzende Gewebe, so erkennt man, daß zwischen dem Maschenwerk die Grundsubstanz fast vollständig verkalkt ist, bis auf den die Fasern und Zellen umgebenden Teil. Es zeigt sich die Kalkplatte somit von untereinander kommunizierenden Röhren durchbrochen, in deren Knotenpunkten die Zellen und deren Verbindungskanälen die Ausläufer derselben zu liegen gekommen sind. Immer zwischen je zwei Kalkplatten hat die Bindesubstanz eine andere Beschaffenheit, indem hier deutliche Fasern hervortreten, welche wie Nähte die Kalkplatten miteinander verbinden. Während die in den netzförmig durchlöcherten Kalkplatten liegenden, meist drehrunden, dicken und kompakten Bindesubstanzfasern einen hyalinen Bau zeigen, tritt besonders an den Stellen, wo sie in die als Zwischennähte zu bezeichnende Fasern zerfallen, eine deutlich faserige Struktur auf. Es sind diese, besonders in den Stacheln, oft unregelmäßigen Balken aus miteinander verklebten Fasern entstanden, die so innig miteinander verbunden sind, daß ihr Bau nur bei stärkster Vergrößerung noch erkennbar ist. Es ist dieser Bau folgendermaßen zu erklären: Sobald die Grundsubstanz verkalkt, werden die Zellen mit ihren Fasern verdrängt und sind schließlich nur noch auf die in der Kalkmasse als Röhren und Löcher auftretenden, untereinander verzweigten Hohlräume beschränkt. Dadurch werden die einzelnen Fasern notwendigerweise in enge Berührung gebracht und verschmelzen zu dicken, kompakten Strähnen. Sobald aber eine Verkalkung aus irgend welchem Grunde ausbleibt, wie in der Mundscheibe, so haben wir das einfache Fasergewebe vor uns. In diesem

Gewebe, bei welchem bald die Zellen und Fasern überwiegen, bald die Grundsubstanz, kann man oft verschiedene Lagen unterscheiden. So in der Mundhaut, wo in der Cutis zwei Schichten getrennt werden können. Nach dem Epithel zu, also nach außen, findet sich die typische retikuläre Bindesubstanz, während nach innen eine Schicht liegt, in welcher die Fasern miteinander verklebt sind zu Bündeln von verschiedenster Stärke. Sie verlaufen nach den verschiedensten Richtungen durcheinander, sich eng verfilzend, so daß die Grundsubstanz auf ein Minimum reduziert erscheint.

In der Wandung des Darmtractus zeichnet sich die Bindesubstanz durch das Hervortreten der Grundsubstanz aus, die an Alkoholpräparaten ein fein granuliertes Aussehen bietet. In ihr liegen spindelige und sternförmige Zellen, deren feine, meist nicht sehr lange Fortsätze sich in der Grundsubstanz verzweigen können. — Außer diesen Zellen trifft man, besonders in dem Umkreis der Lakunen, auf amöboide Zellen, deren Form und Größe mit den in der Blutflüssigkeit auftretenden Zellen übereinstimmt. Außer dieser Zellart sind Wanderzellen mit gekörnter Inhaltsmasse vorhanden. Kommen in dieser Art der Bindesubstanz Kalkgebilde vor, so sind es, wie im Schlunde bei Centrostephanus longisp., unregelmäßige Kalkstäbe oder Platten, und streckenweise nimmt dann das Fasergewebe einen retikulären Charakter an.

Das Ligament in den Pedizellarien.

In den Pedizellarien ist eine eigenartige Differenzierung der Bindesubstanz zu beobachten. Besonders stark ausgebildet ist dieselbe in denjenigen Pedizellarien, in welchen der Kalkstab nicht bis zum Kopfe reicht, sondern nur einen Teil des Stieles durchzieht, so daß ein vom Kalkstab freier Teil bis zum Kopfe bleibt. Dies ist der Fall bei den tridactylen, buccalen und trifoliaten Pedizellarien. Fig. 6 auf Taf. 3 zeigt eine tridactyle Form der Länge nach durchschnitten. Der Kalkstab *Kst* endigt mit einem knopfförmig angeschwollenen Ende. Oberhalb desselben zieht bis zum Kopf der Pedizellarie ein dunkles Gebilde, in der Fig. 6 mit *L* bezeichnet. Auf dem Querschnitt durch diesen Teil des Stieles (Fig. 11 auf derselben Tafel 3) erkennt man dasselbe im Centrum wieder. Der Querschnitt ist annähernd kreisförmig. Die Form dieses sich gleichmäßig mit Karmin färbenden Gebildes ist die eines Cylinders, dessen Mantelfläche von einer Schicht längsverlaufender glatter Muskelfasern bedeckt

wird. Es dient dieser Cylinder dazu, den Kalkstab mit dem Kopfteil zu verbinden, ich schlage deshalb vor, ihn als Ligament zu benennen. An der lebenden Pedizellarie besitzt das Ligament eine gallertartige Konsistenz und ist äußerst elastisch. Sobald sich die dasselbe umgebenden Längsmuskeln *lm* kontrahiert und verkürzt haben — dieselben inserieren am Kalkstab einerseits, an den Kalkgebilden im Pedizellarienkopf andererseits — kehren dieselben durch die Elasticität des Ligamentes wieder in ihre vorige Lage zurück und der Stiel ist vollkommen ausgestreckt.

Diese gallertartige Bindesubstanz zeigt sich als äußerst fein granuliert und meist frei von Zellen und Fibrillen. An den großen tridactylen Pedizellarien von Centrostephanus longispinus ist das Ligament in seinem Centrum von Zellen und Fibrillen erfüllt. Die Zellen haben eine spindlige Gestalt. An den beiden Polen der Spindel entspringt je ein Fortsatz, von denen der eine zum Kalkstielkopf verläuft, der andere nach dem Kopf der Pedizellarie zieht. Diese Fibrillen sind an Präparaten meist korkzieherartig gewunden. Sie liegen zum größten Teil in der Centralmasse des Ligamentes, welche der Bindesubstanz in den übrigen Teilen gleicht. Die Grundsubstanz färbt sich gar nicht und nur der excentrisch gelegene periphere Teil des Ligamentes zeigt die fein granulierte Struktur. (Vergl. den Längsschnitt in Fig. 5 auf Taf. 3.)

Die Muskulatur.

Wenige Mitteilungen liegen über den Bau der Muskelfasern der Echiniden vor.

Valentin[1]) behauptete, daß die Muskelfasern der Stacheln sowohl wie der Laterne eine Streifung zeigen. Leydig[2]) hat später dasselbe beschrieben und zugleich eine Längsstreifung beobachtet. Dem hat Kölliker[3]) widersprochen, indem er die der Quere nach zerfallenen Muskelfasern als Kunstprodukte ansieht. Die Querstreifung hat später Frédericq[4]) geleugnet. Vor diesem Forscher sind wir durch Hoffmann[5]) näher

1) Valentin, Anatomie du genre Echinus, Neuchatel 1842.

2) Leydig, Kleinere Mitteilungen zur tierischen Gewebelehre, in: Archiv für Anatomie und Physiologie 1854. p. 305.

3) Kölliker, Untersuchungen zur vergleichenden Gewebelehre, Würzburger Verhandlungen, 8. 1858. p. 111.

4) Frédericq, Contributions etc. Arch. de Zool. exp. 1876.

5) Hoffmann, Zur Anatomie der Echinen und Spatangen, in: Niederl. Archiv für Zoologie, Bd. 1. 1871.

über den Bau der Muskeln, wie sie am Darm und einigen anderen Organen vorkommen, unterrichtet worden. Er beschreibt die Muskelfasern als breite Fasern, denen zuweilen ein Kern anliegt, aber ein Sarcolemm fehlt.

Echte quergestreifte Muskulatur ist zum ersten Male von Geddes [1]) und Beddard [2]) an den Mundpedizellarien gesehen und abgebildet worden. Über den feineren Bau erfahren wir nichts weiter, als daß ein Sarcolemm beobachtet wurde. Die Abbildungen der glatten Muskelfasern von der Laterne (Taf. 31, Fig. 15, 14) und Oesophagus, wie sie diese Autoren geben, sind mit ihren Runzelungen als Kunstprodukte, durch die Behandlung hervorgerufen, anzusehen. Der letzte Forscher, welcher die Muskulatur der Echiniden bespricht, ist Koehler. Er erwähnt nur glatte Muskelfasern und bildet solche von Spatangus purpur. ab. Es sind dies an den Enden zugespitzte, strukturlose Fasern, denen ein Kern außen aufliegt. —

Ich will zunächst die glatte Muskulatur besprechen und daran die quergestreifte anschließen. Nach ihrer Entstehung zerfällt die Muskulatur in solche epithelialen und solche mesenchymatösen Ursprungs. Glatte Muskelfasern sind die am gewöhnlichsten vorkommenden Gebilde. Zerzupft man die Muskelschicht eines Stachels oder einen der drei Adductoren der Pedizellarien (gemmiformes), so erhält man die einzelnen Fasern getrennt voneinander. Es zeigt sich dann, daß jede Faser aus einer anscheinend homogenen, stark lichtbrechenden Substanz besteht, welcher in ungefährer Mitte ein ovaler Zellkern aufliegt, welchen wenig Zellsubstanz umhüllt, oder es ist diese nicht mehr nachweisbar. Diese Muskelfasern lassen sogar schon im lebenden Zustand eine feine Längsstreifung erkennen und leicht kann man eine Faser in Fibrillen zerlegen. Die Längsstreifung ist der Ausdruck der Zusammensetzung aus parallelen, eng miteinander zum Formelement einer Muskelzelle verschmolzenen Fibrillen. Die kontraktile Substanz ist von der Bildungszelle einseitig, und zwar in Gestalt feiner Fibrillen aus-

1) Geddes und Beddard, On the histology of the Pedicellariae and the Muscles of Echinus sphaera (Forbes), in: Trans. Roy. Soc. Edinb. v. 30. p. 383.

2) An den tridactylen Pedizellarien fand ich quergestreifte Muskelfasern und veröffentlichte diesen Fund in kurzer Mitteilung, ohne auf die frühere Beschreibung derselben an ophiocephalen Pedizellarien zu erinnern, was ich hiermit bedauernd nachhole.

geschieden worden. Untersuchung in Pikrokarminlösung läßt dieses Verhalten recht deutlich erkennen. An den Enden sind die Muskelfasern zerfranzt, zerfasert, wie sich an entkalkten Präparaten gut konstatieren läßt. Fig. 10 auf Taf. 5 zeigt solche isolierte längsgestreifte Muskelzellen mit ihren Kernen. An ihren Enden zerfasert sind die Fasern der Pedizellarien und Stacheln, überhaupt die in der Haut liegenden und die Bändermuskeln der Laterne. Erstere sind nicht entodermalen Ursprungs, sondern können entweder ektodermalen, das heißt von Epithelzellen der Epidermis, oder aber mesodermalen Ursprungs, Mesenchymzellen sein. Hierauf komme ich unten zu sprechen.

Die glatten Muskelfasern am Darmtractus im Wassergefäßsystem am Mesenterium sind an ihren Enden spindlig zugespitzt. Auch ihnen liegt außen die Bildungszelle auf. Meist ist ihre Zellsubstanz vollständig geschwunden und nur noch der ovale Kern wahrnehmbar. Auch sie zeigen einen Zerfall in parallele Fibrillen entsprechend einer Längsstreifung an der intakten Faser. Auf dem Querschnitt zeigen diese Muskelfasern eine unregelmäßige eckige bis kreisrunde Gestalt, je nach ihrem Kontraktionszustand. Ihre Länge ist eine sehr verschiedene. Die ausgefranzten Fasern der Adductoren an den gemmiformen Pedizellarien sind bis 1 mm lang (Sphaer. granul.). Auch da, wo die Muskelfasern keinen großen Durchmesser besitzen und Bindesubstanzfibrillen ähneln, entscheidet sofort die Färbung. Alle Muskelfasern färben sich sehr stark, während die echten Bindesubstanzfibrillen sich nur wenig tingieren. Weiter liegen den Muskelfasern die Bildungszelle oder der Rest derselben mit dem Kern außen auf, während die Bindesubstanzfasern in die Länge gewachsene Zellen sind. —

An gefärbten Präparaten der zerfranzten Fasern ist der muskulöse Teil streng unterschieden von den zerfaserten Enden, welche ungefärbt bleiben oder doch nur ganz gering den Farbstoff aufnehmen.

Unter den an ihren Enden zerfaserten Muskelfasern verdienen besonderer Erwähnung die Bandmuskeln (wie ich ihrer Gestalt wegen dieselben zu nennen vorschlage), welche im Kauapparat sich finden. Diese Muskulatur besteht aus abgeplatteten 0,04 mm breiten Gebilden, welche eine Länge von 1,3 mm besitzen (ausgewachs. Dorocidaris papp. cons. in 0,3 Prozent Chromsäure). Die bandförmigen Muskeln liegen mit ihren Breitseiten aneinander.

Fig. 7 auf Taf. 5 zeigt zwei Muskelfasern, Fig. 9 dieselben quer durchschnitten. Ihre Anordnung im Kauapparat geht aus Fig. 11 Taf. 13 hervor.

Eine ungemein deutliche und leicht wahrnehmbare Längsstreifung, die parallel zur Längsaxe geht, zeigt, daß jedes Muskelblatt sich aus Fasern zusammensetzt, die leicht durch Zerzupfen von einander getrennt werden können. Dem Muskelblatt liegen außen auf einzelne ovale Kerne in unregelmäßigen Abständen. Nimmt man nun das leichte Zerlegen jedes Blattes in einzelne Fasern hinzu, so folgt daraus, daß wir hier nicht einzellige Muskeln vor uns haben, sondern ein komplizierteres Gebilde. Eine Reihe von Muskelfasern liegen in einer Ebene angeordnet nebeneinander zu einem Blatt verbunden. Jedes solche Muskelblatt wird von einer dünnen homogenen Scheide umhüllt, welcher der Cölombelag, aus abgeplatteten Wimperzellen bestehend, aufliegt. Über die erste Anlage der Muskelblätter kann ich nichts angeben. An den jüngsten mir zur Untersuchung vorliegenden Seeigeln (Durchmesser 0,8 mm) waren sie schon vorhanden. —

Verzweigte Muskelfasern fand ich im Wassergefäßsystem und zwar in der Wandung der Ampullen. Die einzelnen Fasern geben in ihrem Verlauf kurze Zweige ab, die sich mit den benachbarten Fasern verbinden und so entsteht ein dichtes Netzwerk, wie es Fig. 4, Taf. 9 von einem jungen Sphaerechinus wiedergiebt, und wie es schon früher beschrieben worden ist.

Auf die Muskelbänder, welche sich ausspannen zwischen den Kiefern und dem inneren Auricularrande, und zwischen den Auriculae selbst inserieren, möchte ich besonders aufmerksam machen, da die Muskelfasern derselben wegen ihrer Länge besonders gut sich zur Untersuchung eignen und eine Längsstreifung sehr deutlich wahrzunehmen ist.

Die Muskelfasern besitzen eine Länge von über 1 cm (geschl.-reif. erwachs. Sphaerech. granul.), gehören also mit zu den größten bekannten glatten Muskelfasern überhaupt. Ihre Dicke beträgt etwa 0,06 mm, die Fasern sind annähernd drehrund. An ihren Enden sind sie zerfasert, und sehr leicht kann man die einzelne Muskelfaser entsprechend der Längsstreifung in Fibrillen in ganzer Länge zerzupfen.

Eine andere Frage ist es, ob diese Muskelfasern als Muskelzellen zu gelten haben, oder aber vielkernig sind. Dies ist nicht leicht zu unterscheiden, weil Bindesubstanz mit Kernen und

Zellen zwischen den Fasern die Interstitien ausfüllt und denselben eng anliegt. Zerzupft man in einzelne Fasern und färbt mit wässeriger essigsaur. Methylgrünlösung, so treten die Kerne schnell und deutlich hervor. Man findet dann länglich-ovale Kerne von einer Länge 0,05 mm und einer Breite 0,01 mm, welche der Muskelfaser aufliegen. Hier und da läßt sich eine schwache Körnelung an den beiden Enden der Zellkerne erkennen, welche als Rest der Zellsubstanz der Bildungszelle aufzufassen sein wird.

Quergestreifte Muskelfasern habe ich an den Mundpedizellarien und den stiletförmigen tridactylen Pedizellarien angetroffen. Zur Untersuchung eignen sich die letzteren besonders wegen ihrer Größe. Die Fasern der drei Adductoren zeigen die Querstreifung sehr deutlich bereits in frischem Zustande. Diese Muskelfasern der Adductoren der Greifzangen zeigen die gewöhnliche Anordnung, sie verlaufen parallel zu einander und zerfasern an ihren beiden Enden. Die Querstreifung hört da auf, wo die Zerfaserung beginnt. Die einzelnen Muskelfasern lassen sich leicht voneinander isolieren, und man findet jeder in der ungefähren Mitte (die Länge beträgt im kontrahiertem Zustand 0,6 mm) einen länglich-ovalen Kern außen aufliegen, hier und da war eine fein gekörnte Substanz um denselben noch nachweisbar, der Rest der Zellsubstanz der Bildungszelle. Zu jeder Muskelfaser gehört ein Kern, sodaß dieselbe also eine einfache, einkernige, sehr verlängerte Zelle darstellt, deren Substanz bis auf einen kleinen Rest in kontraktile Substanz umgewandelt ist. Zerzupft man einen Adductor in Pikrokarmin und untersucht hierauf in Glycerin, so treten die helleren und dunkleren Querstreifen hervor. Das Sarcolemm als äußerst feines dünnes Häutchen hebt sich bei dieser Behandlung von der Faser deutlich ab. Die Fasern sind annähernd drehrund und besitzen bei mittlerer Kontraktion einen Durchmesser von ungefähr 0,0028 mm (Centrostephanus longispinus), ihre Länge schwankt zwischen 0,5—0,7 mm.

Durch Maceration kann man die einzelnen Muskelfasern der Länge nach in feinste parallele Fibrillen zerlegen. Jede Faser zerfällt in etwa 4—6 feinste Elemente, deren jedes die Querstreifung noch zeigt.

Die Muskelfaser im ausgestreckten Zustande zeigt die Krause'schen Querscheiben schon an frischen Präparaten sehr

schön. Auch hier zeigten sich die tridactylen Pedizellarien von Centrosteph. longisp. als günstig zur Untersuchung.

An der Muskulatur der Mundpedizellarien ist die Streifung schwieriger zu erkennen, auch verschwindet sie bei Zusatz bestimmter Reagentien, und besonders an Schnittpräparaten war sie oft kaum noch wahrnehmbar.

An den beiden genannten Arten von Pedizellarien fand ich quergestreifte Muskelfasern bei folgenden Formen: Centrostephanus longispinus Pet., Dorocidaris papillata A. Ag., Arbacia pustulosa Gray, Strongylocentrotus lividus Brand, Sphaerechinus granularis A. Ag., Echinus acutus Lam., Echinus microtuberculatus Blainv. —

Beide Formen von Pedizellarien zeichnen sich durch die rasche energische und plötzliche Kontraktion ihrer Muskulatur aus. Das tritt besonders bei den Greifzangen der tridactylen Pedizellarien hervor, die bei der Bewegung zur Anheftung an fremde Gegenstände dienen.

Quergestreifte Muskelzellen habe ich auch an den rotierenden Analstacheln (s. diese) von Centrosteph. longisp. angetroffen. Alle übrigen Stacheln besitzen glatte Muskelzellen.

Über die Entstehung der Muskelfasern liegen bei Echiniden keine näheren Angaben vor. Da wir es mit typischen Enterocöliern zu thun haben, so ist mit Hertwig anzunehmen, daß der größte Teil der Muskulatur epithelialen Ursprungs ist. Dies würde für die gesamte Muskulatur gelten mit Ausnahme der Muskeln, welche an bestimmten Körperanhängen auftreten, nämlich an den Pedizellarien, Stacheln und Sphäridien. (An den Füßchen sind die Längsfasern sicher epithelialen Ursprunges.) An den vorgenannten Organen sind die Muskelfasern an ihren Enden zerfasert und in Verbindung mit den Fibrillen der Bindesubstanz. Die direkte Beobachtung überzeugte mich, daß die gesamte Muskulatur der Pedizellarien sowie der Stacheln aus Bindegewebszellen entsteht, wobei der Kern dieser Zellen der Muskelfaser außen aufliegen bleibt.

Die erste Anlage der Stacheln wie Pedizellarien besteht in einer kuppelförmigen Erhebung der Bindesubstanz, welche vom Epithel überzogen wird. Ein Längsschnitt durch eine solche warzenförmige Erhebung zeigt folgendes. Unterhalb der Epidermis liegen in der Bindesubstanz Zellen in solcher Menge angehäuft, daß sie kaum voneinander unterschieden werden können. Aus diesen Zellen entsteht durch Wucherung einmal die Bindesubstanz

der Pedizellarien, das Ligament etc., die Kalkgebilde, und zweitens die Muskulatur. Ein Längsschnitt durch ein weiter vorgeschrittenes Stadium zeigt, wie ein Teil dieser Zellen zur Bildung der drei Adductoren der Greifzangen sich anschickt. Dann sieht es aus, als ob die Zellen in die Länge wüchsen. Das Endstadium zeigt eine Muskelfaser, der außen ein Kern aufliegt. Es hat sich somit der gesamte Zellleib zur kontraktilen Substanz differenziert. Diese Art der Entstehung von Muskelfasern beobachtete ich an jungen Sphaerechin. granul. von 6 mm Länge. Daß bei allen Echiniden die Fasern der Stacheln wie Pedizellarien auf diese Weise entstehen müssen, ist eigentlich schon aus ihrer Lagerung zu schließen. (Fig. 17 Taf. 6).

II. Abschnitt.

Die irregulären Seeigel.

Kapitel 1.

Die Anhänge der Körperwand.

Außer den Stacheln sind es vorzüglich die Ambulacralfüßchen in ihrer verschiedenen Gestalt, welche das Interesse in Anspruch nehmen. Lovén [1]) unterscheidet vier verschiedene Formen von diesen Organen bei den Spatangiden, nämlich: 1. einfache, zur Bewegung dienende Ambulacralfüßchen mit abgestumpften oder abgerundeten Spitzen ohne Saugscheibe; 2. solche mit Saugscheibe; 3. Gefühlsfüßchen, die er nach ihrer Form pinselförmige nennt, und endlich 4. die sogenannten Ambulacralkiemen. Von diesen kommen der Gattung Spatangus die Gefühls- und Saugfüßchen sowie die Kiemen zu, wie schon Joh. Müller [2]) bekannt war.

Die pinselförmigen Sinnesfüßchen.

(phyllodean pedicels von Lovén.)

Mit diesen, vorzüglich als Sinnesorgane dienenden Füßchen, die sich um den Mund angeordnet finden sowie den After umstehen, beginne ich die Beschreibung.

---

1) Lovén, On Pourtalesia a genus of Echinoidea, Stockholm 1883, pag. 43, in: Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bandet 19. No. 7.

2) Joh. Müller, Über den Bau der Echinodermen, in: Abh. d. K. Akad. d. Wiss. in Berlin 1854, sep. p. 26. pl. III. ebenda citiert.

Die äußere Form dieser Sinnesfüßchen ist bei einer großen Anzahl verschiedener Gattungen von Lovén geschildert und in vorzüglicher Weise abgebildet worden, während ihr feinerer Bau noch viel des Unbekannten bietet. Bei Spatangus purpureus besitzen unsere Organe eine lilla Färbung, die von Pigmentzellen herrührt, welche im Epithel zwischen den Zellen liegen und nach ihrer Gestalt — bald sind sie baumartig verzweigt, bald kuglig — als amöboid zu bezeichnen sind.

Jedes Sinnesfüßchen besteht aus einem Stiel (wenige Millim. lang) welcher auf seinem freien Ende eine schüsselähnliche, runde Platte trägt, welche auf ihrer Oberseite mit kolbenförmigen Stäbchen besetzt ist. Diese stehen wie die Haare eines Pinsels nebeneinander. Der Stiel sowohl wie die Platte ist hohl, und kommuniziert diese Höhlung mit dem Wassergefäßsystem (Fig. 4, Taf. 11).

Ein Längsschnitt durch ein pinselförmiges Sinnesfüßchen läßt diese Anordnung erkennen (vergl. Fig. 5 auf Taf. 11).

Der Stiel setzt sich zusammen aus dem Epithel, welches aus einer Lage von je nach dem Zustand der Kontraktion abgeplatteten oder kubischen Zellen besteht, einer Bindesubstanzschicht von geringer Entwicklung, und nach innen von dieser einer Längsmuskelschicht und endlich dem Innenepithel, aus wimpernden abgeplatteten Zellen bestehend.

Basalwärts von der Epithelschicht verläuft ein Nervenzug, aus feinsten Fibrillen sich zusammensetzend. Er ist stets deutlich von den übrigen Geweben abgesondert.

Die Längsmuskelschicht setzt sich zusammen aus einer Lage parallel zu einander verlaufender Fasern von gewöhnlichem Bau. An dem plattenförmigen Ende angekommen, verlaufen sie in der gleichen Richtung weiter parallel zu einander bis zur Peripherie desselben.

Die Endplatte ist ebenfalls hohl, wie ich schon angab, wird aber von einer Anzahl von Membranen oder Scheidewänden durchsetzt, welche ihr Lumen in eine Menge von koncentrischen Räumen einteilen würden, wären diese Scheidewände nicht durchbrochen.

Dieselben Schichten, die sich auf dem Stiel finden, setzen auch die Wandung der Endplatte zusammen. Nur fehlt auf ihrer oberen Seite die Muskulatur.

Die quer den Hohlraum durchsetzenden Membranen bestehen aus einer centralen Schicht Bindesubstanz, Muskelfasern und dem allgemeinen Innenepithel, welches in Gestalt abgeplatteter Wimperzellen dieselben überzieht (vergl. Fig. 8 auf Taf. 11). Diese Mem-

branen stellen ein festeres Gefüge zwischen der oberen und unteren Wandung der Endplatte her und können vielleicht auch durch Kontraktion zur Entleerung der Inhaltsflüssigkeit beitragen.

Auf der Oberfläche der entweder eine glatte Fläche darbietenden oder aber an ihrer Peripherie nach oben ein wenig umgeschlagenen Endplatte stehen die kolbenförmigen Filamente, nur einen kleinen Raum im Centrum der Platte frei lassend [1]).

Diese Filamente enden kolbenförmig. Sie besitzen einen central gelagerten Kalkstab, welcher mit einem Fußstück in der Wandung der Endplatte endigt, (Fig. 17, Taf. 11), während er bis in das kolbenförmig angeschwollene Ende sich verfolgen läßt; hier endet er abgestumpft.

Das Epithel, welches die Endplatte überzieht und aus annähernd kubischen Zellen besteht, setzt sich auf die Kolben fort, deren Axe aus Bindesubstanz gebildet wird, in welcher der Kalkstab liegt. Basalwärts vom Epithel liegen aus feinsten Fäserchen sich zusammensetzende Gebilde, die Nervenzüge, welche zur Spitze ziehen, in welcher das Epithel eine besondere Bildung zeigt. Die kolbenförmige Anschwellung kommt durch die Verdickung der Epithelschicht zustande. Besonders nach der dem Centrum der Platte zugekehrten Seite ist dasselbe stark verdickt. Ist die Platte vollkommen flächenhaft ausgebreitet, so müssen diese verdickten Teile der Enden natürlich nach oben emporragen.

Lovén [2]) hat über Endigungen der Nerven in diesem Epithel bei Bryssopsis lyrifera einige Angaben gemacht. Er sagt: „From a thin layer, a plexus surrounding the homogeneous central substance, numerous nervous fibres are seen to traverse the connective tissue towards the inside of the external tegument, and there to form nucleated multipolar cells in close proximity and connexion with the bases of very minute, scattered, rigid and motionless hair-like processes on the external surface, which is devoid of vibratile cilia."

Auf Schnitten durch die kolbenförmigen Enden fand ich bei Spatangus purpureus folgendes: Das stark verdickte Epithel setzt sich zusammen aus fadenförmigen Zellen, deren ovale Kerne in verschiedenster Höhe derselben liegen können, bald mehr der Peripherie genähert, bald mehr in der Mitte oder dem basalen Teile

1) Figur 5 zeigt die Endplatte stark nach oben gekrümmt. Es ist dieses Verhalten auf die Einwirkung des Alkohols bei der Tötung zu setzen und im Leben nicht der normale Fall.

2) On Pourtalesia, a genus of Echinoidea etc. pag. 45.

der Zelle. Der Zellleib verlängert sich in feinste Fibrillen, wie sich an Macerationspräparaten erkennen läßt. Eine glashelle Cuticula überzieht die Oberfläche des Epithels (Alkoholpräparat). Hier und da sind noch starre Borsten, die senkrecht der Oberfläche aufsitzen, erhalten. Eine Differenz im Bau dieser Epithelzellen, welche sie in Stütz- und Sinneszellen trennen würde, konnte ich nicht direkt wahrnehmen, glaube aber, daß das Verhalten dieser feinen Zellen dasselbe sein wird, wie ich es oben des öfteren geschildert habe. Auf Längsschnitten (vergl. Fig. 7 auf Tafel 11) war es mir nie möglich, mich genau zu informieren, ob die Fortsätze einzelner Epithelzellen, die an Macerationspräparaten auftraten, wirklich in die epitheliale Nervenfaserplatte eintreten. Nach Analogie der bei den Echiniden gefundenen Verhältnisse dürfte dies aber mit Recht gefolgert werden können.

Fig. 7 auf Taf. 11 zeigt das Epithel mit der Nervenfaserplatte. Als eine teils fein gekörnte, teils fasrige Masse — je ob die Nervenfasern der Quere oder der Länge nach durchschnitten waren — tritt dieselbe dem Beobachter entgegen. Sie setzt sich fort in Nervenfaserbündel, welche subepithelial gelagert in der Stielwandung hinabziehen, um an der Basis sich in die Hautnerven fortzusetzen.

Zwischen den Epithelzellen auch des Kolbens trifft man auf reichliche Pigmentzellen, deren Pigment sich in Alkohol gut erhält, was ja nicht für die Pigmente aller Chromatophoren der Echinodermen gilt, beispielsweise nicht die der Augenflecke bei den Seesternen [1]).

Es fragt sich nun, ob die kolbenförmigen Filamente jedes für sich beweglich sind, oder aber nur passiv bewegt werden können, indem die Endplatte, auf welcher sie stehen, durch ihre Muskulatur oder durch die Querwände eine verschiedene Lage einnimmt. Muskelfasern treten in den Filamenten nicht auf, an dem verbreiterten Basalende des Kalkstabes inserieren jedoch Fasern, welche aber bindegewebiger Natur zu sein scheinen, und auch durch diese erscheint es deshalb nicht möglich, daß die einzelnen Filamente selbständig eine Bewegung ausführen können. Beobachtungen am lebenden Tiere konnte ich aus Mangel an Material nicht ausführen [2]). An jungen Spatangen von 2 cm Längsdurchmesser

---

1) Vergl. Heft 2 pag. 17.

2) Während mir reguläre Seeigel in unglaublicher Menge täglich von der zoologischen Station gestellt wurden, konnte ich Spatangiden

sind die Füßchen nur mit wenigen (10 oder mehr) Filamenten besetzt. Diese nehmen mehr und mehr zu, um endlich in solcher kaum zählbaren Menge vorhanden zu sein, wie es Fig. 4 auf Taf. 11 zeigt. Um den Mund sowohl wie um den After stehen diese Organe in regelmäßiger Anordnung. In der Mehrzahl jedoch auf der Mundhaut. Zwischen ihnen trifft man auf die kleinen Sphäridien, die in großer Menge regellos zerstreut sich finden.

Zum Schluß muß ich nochmals die Pigmentzellen erwähnen, welche in bizarren Formen besonders auf den Filamenten vorkommen. Ein Teil dieser Pigmentzellen liegt im Epithel, und zwar ganz in der Peripherie vor den Kernen der Epithelzellen. An alten ausgewachsenen, in Alkohol konservierten Exemplaren ist das Pigment zum größten Teil entfernt. Die Zellen erscheinen dann als helle Räume, in denen der kuglige Kern sich abhebt. Solche Zellen geben bei Flächenansicht ein Bild, wie es Lovén von Bryssopsis abgebildet hat. Diese Zellen bildet er mit langen Stielen besetzt ab, es ist sein Sinnesepithel.

Die Rosettenfüfschen des vorderen Ambulacrums.

Die Ambulacra bilden bei den Spatangiden bekanntlich nur eine vierblättrige Rosette, weil das vordere derselben abweichend gebildet ist. Bei der Gattung Spatangus (spec. Sp. purpureus Leske) liegt dieses Ambulacrum in einer tiefen Rinne. Hier stehen in zwei Reihen angeordnet Füßchen, welche in ihrer Gestalt abweichen von den soeben beschriebenen pinselförmigen.

Sie sind in vollkommen ausgestrecktem Zustand länger und schmächtiger als diese. Ihre Länge beträgt an konservierten Tieren mehrere Millimeter. Fig. 9, Taf. 11 zeigt ein solches Füßchen. Dem Fußteil sitzt eine Platte auf mit kreisförmig in einer Reihe angeordneten, radiär gestellten, eigentümlich geformten Gebilden. Diese Fühler, wie ich sie nennen will, beginnen mit einer breiten Basis, verschmächtigen sich, um dann mit einer kugligen Anschwellung zu enden. Ihre Zahl beträgt 12. In jedem

während meines Aufenthaltes (Herbstferien 1885) in Neapel nur selten lebend erhalten, es waren dann sehr junge Tiere, und mußte ich mich auf Material, welches mir später in vorzüglicher Weise von lo Bianco Salvatore konserviert worden war, beschränken.

derselben läßt sich in der Axe ein zierlich gebauter Kalkstab erkennen, welcher mit einer Verbreiterung in der Platte endigt. Hier liegen diese Endverbreiterungen nebeneinander und täuschen so eine Rosette vor (siehe die Fig.).

Der Bau dieser Rosettenfüßchen, wie ich sie zum Unterschied der pinselförmigen Füßchen nennen will, ist folgender. Sie sind wie die letzteren, hohl und zwar bis zur Platte. Ihr Lumen steht mit dem Ambulacralgefäß in Kommunikation und jedes Füßchen besitzt eine kleine Ampulle. Ihre Wandung besteht aus einem wimpernden Außenepithel, dessen Zellen je nach dem Kontraktionszustand bald abgeplattet, bald mehr kubisch erscheinen. Pigmentzellen lagern in großer Menge zwischen ihnen. Unterhalb dieser Epithelzellen verlaufen die Nervenfasern, zu einem Bündel angeordnet, parallel zur Fußaxe. Eine Bindesubstanzschicht mit ring- und längsverlaufenden Fasern folgt unterhalb des Epithels und nach innen von diesem eine kräftig entwickelte Längsmuskelschicht.

Die Fühler selbst sind solid, ihre Axe wird von der Bindesubstanz gebildet, wie die Platte selbst. Wenige Fasern und Zellen finden sich, und herrscht die Grundsubstanz vor, in welcher die einzelnen Kalkstäbe mit ihren breiten Basen liegen. Die Stäbe reichen bis zur Spitze der einzelnen Stäbe. Der kuglige Kopf wird zum größten Teil aus dem mächtig verdickten Epithel gebildet, welches sich aus langen, feinen, schmächtigen Zellen zusammensetzt. Basalwärts von denselben ist die Nervenfaserschicht plattenförmig ausgebreitet, in gleicher Weise, wie es in den Enden der einzelnen Fühler der pinselförmigen Füßchen von mir oben abgebildet wurde. An Macerationspräparaten läßt sich hier und da verfolgen, wie feinste basale Fortsätze der Epithelzellen zwischen diese Nervenplatte eintreten. Wenn der hier nicht mit großer Sicherheit, wie an anderen Objekten (vergl. oben), von mir beobachtet werden konnte, so war das Material daran Schuld. Frische Spatangiden lagen mir aber nicht zur Untersuchung vor, und mußte ich sehen, wie weit ich an allerdings vorzüglich konserviertem Material käme, und mit den angegebenen Resultaten zufrieden sein.

Die Saumlinien (Fasciolae s. Semitae).

(Spatang. purpur.).

Den Spatangiden kommen die eigentümlichen bandförmigen Streifen auf der Haut zu, welche bald auf dem Rücken, bald am After besondere Felder umgrenzen. Sie werden durch wenige

Millimeter lange an den Enden keulenförmig verdickte Stacheln gebildet, die dicht gedrängt nebeneinander in Linien angeordnet sind. Die starke Wimperung ihrer Epithelzellen ist schon lange bekannt.

Zur Untersuchung entkalkte ich Teile der Rückenhaut, auf welcher sich eine von Stacheln gebildete Fasciole befand, und zerlegte sie hierauf in Vertikalschnitte. Fig. 11, Taf. 6 zeigt einen solchen Schnitt. Die kleineren Stacheln sind weniger beweglich als die größeren, wie schon aus ihrer Längsmuskulatur ersichtlich ist. Sie sind nicht wie die großen Stacheln auf über die Oberfläche der Haut hervorragenden Höckern eingerenkt. Die Muskulatur, welche ihnen eine nur sehr beschränkte Bewegung ermöglicht, ragt nicht über verdeckte Epidermis hervor. Die Stachelwarzen mit denen die keulenförmigen Stacheln durch die Muskeln verbunden sind, liegen unterhalb der Epithelschicht. Diese letztere ist auf den Saumlinien 0,05 mm hoch, also beträchtlich höher, als es an anderen Körperstellen der Fall ist. Diese Höhe kommt dadurch zustande, daß in den Saumlinien die Hautnerven zu einer ungewöhnlich reichen und starken Entwickelung gekommen sind.

Die Zellen, welche das Epithel in den Saumlinien bilden, sind Stützzellen und Sinneszellen. Die Epithelstützzellen lassen sich auf Schnitten leicht erkennen. Die spindlige Stützzelle entsendet nach der Peripherie einen kurzen Fortsatz, nach der Basis einen langen, hyalinen, starken Fortsatz, welcher senkrecht die Nervenmasse durchsetzt bis zur dünnen Basalmembran. Diese Fortsätze sind 0,04 mm lang. Die Nervenfasern sind in Zügen angeordnet, welche in verschiedenen Richtungen verlaufen. Fig. 11 zeigt solche Züge zwischen zwei Stacheln quer durchschnitten, während der größte Teil parallel zur Richtung der Saumlinie zu verlaufen scheint.

Vergleicht man nun Schnittserien durch andere Gegenden der Körperwand, so ergiebt sich, daß in den Fasciolen die epitheliale Nervenfaserschicht die stärkste Entwicklung erreicht hat. Am Scheitelpol sind sie allein in ähnlicher Weise vorhanden (vergl. unten „Hautnerven“).

Das Nervensystem.

Das Nervensystem bietet dieselben Verhältnisse, wie sie bei den Echiniden uns entgegentraten, und werde ich mich deshalb möglichst kurz zu fassen haben.

Um die Mundöffnung gelagert liegt der Nervenring eingeschlossen in einem Schizocölraum in gleicher Weise, wie das bei den regulären Formen der Fall war. Von diesem cirkulären Schizocölraum gehen die den Darm begleitenden Blutlakunen ab, man hat also denselben als den oralen Blutlakunenring zu bezeichnen.

Ein Schnitt durch die Oberlippe und Unterlippe von Spatangus purpureus (Fig. 2, Taf. 12) in der Richtung von *a b* geführt, giebt das in Fig. 3 abgebildete Verhalten. Das die Ober- wie Unterlippe überkleidende Hautepithel setzt sich in die Mundöffnung fort und geht in das Epithel des Schlundes über, hier Zotten bildend. Mit *GR* ist der quer durchschnittene Nervenring, der Gehirnring, bezeichnet, welcher bei seinem Verlaufe auf der Unterseite der Oberlippe ebenso wie auf der Unterseite der Unterlippe in einen Hohlraum, einen Schizocölraum, den oralen Blutlakunenring, zu liegen gekommen ist (*BLR*). Nach außen von diesem Hohlraum verläuft der Wassergefäßring *WGR*.

Ein vertikaler Schnitt durch ein Ambulacrum zeigt den ambulacralen Nervenstamm ebenfalls in einem Schizocölraum gelagert, welchen er in zwei Hälften teilt, und centralwärts von demselben das Wassergefäß gelagert. Woher die vielen Hohlräume kommen, welche Koehler[1]) zeichnet, ist mir nicht begreiflich. Ich kann sie nicht anders als für Kunstprodukte erklären und sie als durch die Konservierung der Spatangen entstanden ansehen. Immer, um dies besonders zu betonen, ist der Bau der Ambulacralnerven und des ambulacralen Wassergefäßes bei regulären wie irregulären Seeigeln vollkommen übereinstimmend, immer liegt der Nervenstamm in einem Schizocölraum.

Von den ambulacralen Nervenstämmen gehen zu den Füßchen, überhaupt zur Haut, in derselben Weise wie es bei den regulären Formen geschildert wurde, die Nervenzüge ab. Ein Vertikalschnitt durch ein Ambulacrum (in der Nähe der Geschlechtsplatten) von Spatangus purpureus zeigt folgendes: In das kleine Füßchen führt ein blind endender Kanal der vom ambulacralen Wassergefäß ausgeht. Vom Nervenstamm, der der Quere nach durchschnitten ist, geht ein Nervenzug aus, sich an den Kanal eng anschmiegend, um, am Epithel angekommen, sich in mehrere Äste zu zerspalten. Ein Nervenast zieht zur Spitze des Füßchens,

---

1) Koehler, Recherches sur les Echinides des côtes de Provence. Taf. 5, Fig. 35.

in welcher Sinneszellen liegen; die Hauptmasse verzweigt sich jedoch zwischen den Fortsätzen der Epithelstützzellen gelagert. Der Anfangsteil des vom ambulacralen Nervenstamm abgehenden Nervenastes wird noch auf eine kurze Strecke von einer Fortsetzung des Schizocölraumes umhüllt.

An den Stacheln der regulären Seeigel beschrieb ich einen basalen Nervenring. Auch den irregulären Spatangiden kommt derselbe zu und ist hier noch besser, besonders an den größeren Stacheln, zu beobachten.

Der feinere Bau des Nervensystems läßt sich mit wenigen Worten schildern. Sowohl im Gehirnring, wie in den fünf ambulacralen Nervenstämmen ist der Bau der gleiche. Feinste Nervenfibrillen, zwischen denen bipolare, seltener multipolare Ganglienzellen liegen, und zwar unregelmäßig zerstreut, nie zu Ganglien angehäuft, setzen die Hauptnervenstämme zusammen. Die excentrisch gelegene, also die der Epidermis zugewendete Oberfläche der Nervenstämme ist von einer Schicht von Zellen bedeckt, deren kugelige bis ovale Kerne sich wie bei Asteriden und regulären Seeigeln dunkel färben. Diese Zellen, deren Zellleib kaum erkennbar ist und an Macerationspräparaten unregelmäßig gezackt erscheint und sich fast gar nicht mit Karmin u. s. w. tingiert, liegen in nur einer Schicht bei Spatangus purpureus. Sie besitzen keine Fortsätze, welche die Nervenschicht senkrecht durchsetzten und als Stützfasern zu gelten haben würden, sondern liegen wie die Zellen eines Epithels nebeneinander.

Will man diese vom Körper-Epithel abstammenden Zellen (phylogenetisch und ontogenetisch) als Ganglienzellenbelag ansehen, so steht dem nichts im Wege. Mir scheint aber die Deutung als Deckzellen mehr für sich zu haben, zumal wenn man die Verhältnisse, wie sie bei Seesternen und Holothurien sich finden, mit berücksichtigt. Daß die Ganglienzellen, die zwischen den Nervenfasern liegen, als aus diesem Epithel ausgeschiedene Zellen phylogenetisch und auch ontogenetisch anzusehen sind, ist wohl sicher, nur möchte ich den Rest dieser Zellen, die nach wie vor als Epithel, als Schutz funktionieren, nicht ebenso als Ganglienzellen gedeutet wissen, solange nicht zwingende Gründe hierzu vorliegen. Und die Verhältnisse, wie sie die Würmer mit ihren Nervenstämmen mit Ganglienzellenbelag zeigen, dürfen hierzu nicht verleiten, wie es bei Frédéricq beispielsweise geschehen ist.

Von besonderem Interesse sind bei den Spatangiden die peripheren Nerven, die

Hautnerven.

In beinahe noch größerem Maße sind dieselben bei den irregulären Seeigeln entwickelt, als es bei den regulären der Fall war.

Zunächst ist hervorzuheben, daß alle Hautnerven stets eine epitheliale Lagerung haben und von der Cutis, der Bindesubstanzschicht, durch eine feine Basalmembran abgegrenzt liegen. Dieses Verhalten erinnert an die Verhältnisse der Asteriden.

Über die Hautnerven, ihren Bau, sowie den des Epithels sind bei den Spatangiden bisher wenige oder keine Beobachtungen angestellt, so daß ich sogleich zur Darlegung meiner Untersuchungen übergehen kann.

Der Verlauf und Bau der Radialnervenstämme, sowie der seitliche Austritt von Nervenästen ist derselbe wie bei den Echiniden. 1) Von den zu den Füßchen ziehenden Nervenästen, welche die in diese Organe mündenden Wassergefäßäste begleiten, stammt ein Teil der peripheren, epithelialen Nervenfasern her; 2) ein anderer geht direkt ab von den Radialnervenstämmen, tritt in die Körperwand ein, um, die Cutis durchsetzend, in das Epithel einzutreten.

Zur Schilderung des ersteren Verhaltens diene ein Vertikalschnitt durch die Rückenwand, welcher den Radialnervenstamm durchquert. Der Nervenast zieht neben dem Wassergefäß, diesem dicht aufliegend, zum Hautepithel und breitet sich mehr und mehr aus, indem ein Teil seiner Fasern zum Ende des Füßchens, ein anderer zwischen den Epithelzellen, und zwar zwischen den basalen Fortsätzen der Stützzellen seinen Weg nimmt.

Der Bau des Epithels ist bei Spatangus, Bryssus und Echinocardium derselbe. Fig. 11 gehört zu Spatang. purp. Vortrefflich eignet sich Echinocardium zur Untersuchung, da hier das Epithel auf der Rückenfläche (in der Umgebung der Madreporenplatte) einen Durchmesser von 0,02 mm besitzt. Hier trifft man auf jedem Schnitt auf Nervenfasern, so besonders da, wo Saumlinien

verlaufen. Fig. 11 auf Taf. 11 zeigt einen Vertikalschnitt durch die Rückenhaut von Echinocard. mediterr. Drei keulenförmige Stacheln der Semiten sind der Länge nach durchschnitten. Mit *K* ist die Axe derselben bezeichnet, welche den Kalkstab enthält, welcher durch Entkalken verloren gegangen ist. Mit *m* wurden die Musculi flexores bezeichnet, mit *ep* das Epithel. Die Zellen, welche dasselbe zusammensetzen, sind von verschiedener Gestalt. Einmal sind es solche mit starrem, stark lichtbrechendem, basalem Fortsatz, welche die epitheliale Nervenfaserschicht senkrecht durchsetzen und bis zur Basalmembran *M* ziehen. Diese Zellen sind die Stützzellen. Ihr Zellleib ist ungemein klein und schließt den kugelig bis ovalen Zellkern ein; unterhalb desselben ist die Zelle in den schon beschriebenen Fortsatz verlängert. Außer diesen Zellen gelang es mir, an Macerationspräparaten feine Zellen nachzuweisen, die sich basalwärts in einen oder mehrere haarförmige Fortsätze fortsetzten, welche, ungemein hinfälliger Natur, nur selten erhalten waren, dann aber zwischen der Nervenfasermasse noch verfolgt werden konnten. Diese Zellen, die ich als Epithelsinneszellen deuten muß, sind über die ganze Rückenfläche verbreitet. An frischen Echinocardien werden sie sich mit leichterer Mühe isolieren und ihre Fortsätze erhalten lassen. Was nun die Nervenfaserschicht selbst anlangt, so zeigt ein Blick auf Figur 11 die Mächtigkeit derselben im Vergleich zum ganzen Epithel. Die feinen Fasern lassen sich auch an den entkalkten Hautstücken deutlich verfolgen, sowie auch die Ganglienzellen deutlich hervortreten. Auch hier ist der Zellleib der Ganglienzellen sehr klein und umhüllt den ovalen Kern. Die Zellen erreichen eine nur geringe Größe. Sie sind meist bipolar.

Zwischen den Stacheln, besonders wo diese dicht gedrängt stehen, sind die Nervenfasern *nf* zu Bündeln vereinigt, welche ein ähnliches Bild wie Fig. 11 zeigen.

Mit *N* ist der direkt vom Hautnervenstamm (Radialnervenst.) sich abzweigende Hautnerv bezeichnet, welcher zwischen den Kalkstücken der Cutis hindurchtritt. Er setzt sich zusammen aus den Nervenfasern mit unregelmäßig eingestreuten Ganglienzellen, die bald peripher, bald in der Tiefe der Nervenfasern liegen.

An dieser Stelle will ich gleich noch erwähnen, daß die größeren Stacheln dieselben basalen Ringnerven besitzen, wie ich

sie an den Stacheln der regulären Formen aufgefunden habe[1]). Da eine volle Übereinstimmung im Bau dieser Gebilde bei Echiniden und Spatangiden besteht, so beschränke ich mich auf diese kurze Notiz und lasse eine Erläuterung durch Abbildungen beiseite.

Das Nervensystem des Darmtractus.

Auf Querschnitten durch die Darmwandung fallen in der Bindesubstanzschicht derselben ovale bis kreisrunde Gebilde auf, welche von einer feingekörnten Substanz gebildet zu sein scheinen (vergl. Figur 4 auf Tafel 12). In letzterer Figur sind dieselben mit *Nqu* bezeichnet. Sie liegen bald unterhalb des das Darmlumen auskleidenden Epithels, bald mehr in der Tiefe der Bindesubstanzschicht, der Längsmuskularis aufliegend. Die feingekörnte Masse schließt große Kerne ein, die von wenig Zellsubstanz umgeben sind; weiter liegen solche Zellen peripher. Wie nun Längsschnitte durch die Darmwandung zeigen, handelt es sich um quer durchschnittene Nervenbündel, welche parallel zur Längsaxe des Darmes verlaufen. Die feingekörnte Masse sind die quer durchschnittenen Nervenfasern, die großen Kerne mit der wenigen Zellsubstanz die Ganglienzellen. Jedes der auf dem Querschnitt eiförmigen Nervenfaserbündel scheint von einer feinen Hülle umgeben und so von der dasselbe umgebenden Bindesubstanz abgegrenzt. Aus diesem Nervenfaserbündel treten Nervenfasern zu den Muskelfasern wie zu dem inneren Darmepithel ab, wie auf Schnittserien sich verfolgen läßt. Zwischen diesem Darmnervensystem und dem ovalen Gehirnring besteht ein direkter Zusammenhang. Es läßt sich nachweisen, daß die Nervenbündel aus letzterem ihren Ursprung nehmen. Bei allen untersuchten Gattungen der irregulären Seeigel fand ich das gleiche, bisher übersehene Nervensystem vor. (Figur 4 zeigt einen Querschnitt durch den Schlund von Spatang. purpur. *Nqu* die durchquerten Nervenbündel.)

Das Wassergefäßsystem und die Blutlakunen.

Bei den Holothurien, Asteriden und den regulären Seeigeln war es selbstverständlich, daß das Wassergefäßsystem getrennt

1) Hamann, Vorläufige Mitteilungen zur Morphologie der Echiniden, Nr. 8, in: Sitzungsberichte der medicin.-naturw. Gesellsch. zu Jena. Jahrgang 1886, Heft 2.

vom Blutlakunensystem besprochen wurde, da beide miteinander in keinerlei Kommunikation standen, jedes vielmehr für sich geschlossen war. Bei den irregulären Formen ist dies anders; beide Systeme sind miteinander in enger Verbindung, und es ist nur bis zu einem gewissen Grade möglich, sie getrennt zu besprechen. Somit ist die Vermutung, welche unter anderen auch GEGENBAUR [1]) aussprach, daß zwischen den Blutlakunen und den Kanälen des Wassergefäßsystems ein Zusammenhang bestände, nur für die irregulären Seeigel, die Spatangiden, zur Gewißheit geworden.

Diese Thatsache zuerst sicher gestellt zu haben, ist das Verdienst des französischen Forschers KOEHLER [2]). Der Fortschritt, der durch seine Arbeit in dieser Hinsicht geworden ist, ist ein großer und bedeutender, wenn man die Arbeiten seiner Vorgänger in Betracht zieht, nämlich die von TEUSCHER [3]) und HOFFMANN [4]). Wohl hat der letztere auch eine Verbindung der beiden Hohlraumsysteme beschrieben, welche aber nichts zu thun hat mit der auch von mir zu bestätigenden wahren Verschmelzung derselben.

Daß die Angaben HOFFMANN's nicht immer ganz verständlich und seine Abbildungen nicht immer in Übereinstimmung stehen mit der Darstellung, hat KOEHLER bereits hervorgehoben. — Derselbe Forscher hat auch die Ansichten und Resultate von TEUSCHER und HOFFMANN ausführlich zusammengestellt, und bin ich nicht der Meinung, daß jeder folgende Beobachter von neuem die Angaben seiner Vorgänger wieder zusammenzustellen hat, wie das jetzt so oft geschieht. Deshalb werde ich nur da, wo es mir unumgänglich notwendig erscheint, die Angaben der früheren Forscher heranziehen und nur ausführlicher die Resultate KOEHLER's, der sich zuletzt mit der Anatomie dieser Gefäßsysteme beschäftigt hat, besprechen.

---

1) GEGENBAUR, Grundriß der vergleichenden Anatomie, 2te Auflage, 1878. p. 231.

2) KOEHLER, Recherches sur les Echinides des côtes de Provence etc.

3) TEUSCHER, Beiträge zur Anatomie der Echinodermen, in: Jenaische Zeitschrift für Naturw. Bd. 10, 1876.

4) HOFFMANN, Beiträge zur Anatomie der Echinen und Spatangen, in: Niederl. Archiv für Zoologie, Band 1, 1871.

Zunächst beschränkte ich mich auf Spatangus purpureus. Es schien mir jedoch wünschenswert, das Verhalten beider Organsysteme auch an anderen Arten nachzuprüfen, und so verwendete ich hierzu noch Bryssus unicolor und Echinocardium mediterraneum, sämtlich in ausgezeichnet gut konservierten Exemplaren.

Der orale Wassergefäfsring (Ringkanal) und der orale Blutlakunenring, sowie die von beiden abgehenden Kanäle (Darmlakunen und Darmwassergefäfs).

Teuscher [1]) beschreibt zuerst verständlich einen Wassergefäßring und Blutlakunenring von pentagonaler Form, während Hoffmann [2]) nur den ersteren erwähnt hat, den Blutlakunenring übersehen hat, wie auch seine Abbildungen das lehren. Ebenso läßt er nur den „Steinkanal“ rechts neben dem Schlund herablaufen, ohne die denselben begleitende Blutlakune erkannt zu haben. Bei Koehler [3]) finden wir eine exakte, durch gute Figuren unterstützte Darstellung.

Ich schildere die Verhältnisse genauer, wie ich sie an Querschnitten erkannte, unter Zugrundelegung der Figuren 2 und 3 auf Tafel 12, indem ich die bei Koehler nicht auf Querschnitten dargestellten Befunde ergänzend und berichtigend schildere.

Fig. 2 zeigt die Oberlippe *OL* und die Unterlippe *UL* eines Spat. purp. bei Oberflächenansicht. Unter der Unterlippe, von ihr verdeckt, liegt die schlitzförmige Mundöffnung. Betrachtet man nun die beiden Lippen von unten und innen, das heißt, nachdem man einen Spatangus geöffnet hat, so zeigt sich das in Fig. 1 dargestellte Verhalten: die Oberlippe von der Unterseite gesehen und der Anfangsteil des Darmes. Die Unterlippe ist in ihrem Umriß punktiert angegeben. Um die Oberlippe herum, die aus meist fünfseitigen Kalkplättchen besteht, verläuft der ungleichschenklige pentagonale Nervenring, im Blutlakunenring eingeschlossen, und der Wassergefäßring. Der erstere wie der letztere erscheinen als mäßig dicke Stränge, und habe ich verzichtet, bunte Farben anzuwenden, da man dies auf Injektionen deuten könnte, die schlechterdings bei den Spatangen wie allen Echinodermen zu verwerfen sind, und weil die Figur nicht mehr, als

1) A. o. O.
2) A. o. O.
3) A. o. O.

ohne Vergrößerung anzuwenden möglich ist, erkennen lassen sollte. Erst Querschnitte geben über die Lagerung der Organe Aufschluß. Ich legte rechtwinklig zur Unterlippe senkrechte Schnitte in der Richtung *a-b* in Fig. 2.

Fig. 3 zeigt einen solchen durch beide Lippen, sowie den Mund- und den Anfangsteil des Darmes geführten Schnitt. Zwischen der höher gelegenen Unterlippe und der tieferen Oberlippe liegt die schlitzförmige Mundöffnung. Auf der Unterseite der Unterlippe liegt ein großer Hohlraum, welcher den quer durchschnittenen Blutlakunenring *BLR* vorstellt. In demselben, durch Bänder aufgehangen, lagert der ebenfalls quer durchschnittene Nervenring oder Gehirnring, und nach außen vom Lakunenring der durchquerte Wassergefäßring, der nach außen hervorhängt. Auf der Oberlippe, also rechts vom Schlund, gestalten sich die Verhältnisse etwas anders, wie dies TEUSCHER schon auf seiner Abbildung wiedergegeben hat. Auf der Oberlippe findet man den Blutlakunenring zu einem Sinus erweitert, welcher die ganze Fläche der Oberlippe einnimmt, wie Fig. 3, Taf. 12 zeigt; denn hier ist die Oberlippe in ihrer ganzen Ausdehnung durchschnitten. Der Nervenring liegt am Ende dieses Sinus, der ein Hohlraum in der Bindesubstanz ist, wie seine nähere Untersuchung erkennen läßt. Wollte man nur den den Nervenring umgebenden Teil dieses Sinus als Blutlakunenring gelten lassen, so wäre dies eine gezwungene Deutung, da eine Trennung beider faktisch nicht besteht. Der quer durchschnittene Wassergefäßring liegt auf der Oberlippe etwas nach innen vom Nervenring.

Von diesem ringförmigen Schizocölraum (als solcher charakterisiert er sich durch das Fehlen eines Epithels), der mit Recht als Blutlakunenring bezeichnet wird, gehen zwei Lakunen ab, welche am Schlund verlaufen und mit diesem durch ein Mesenterium verbunden sind. Das zeigt Fig. 1, Taf. 12 von Spat. purp.; ebensogut eignet sich Bryssus unicolor hierzu, um schon mit bloßem Auge oder schwacher Lupenvergrößerung diese Thatsache zu erkennen. Bei dieser Art steigt rechts neben dem Schlund ein mehrfach gewundener Schlauch herab und neben diesem ein dünnes Gefäß. Ersterer ist, wie Schnittpräparate lehren, eine Blutlakune (dorsale), letzteres ein Wassergefäß, welches von denselben abgeplatteten Zellen ausgekleidet wird wie der Wassergefäßring. Außerdem zieht eine zweite Blutlakune, die ventrale, von mäßigerer Ausdehnung an der linken Seite des Schlundes herab. (*BL* und *BL'* in Fig. 1, Taf. 12).

Wenn nun Hoffmann schlechtweg nur einen Steinkanal aus seinem Wassergefäßring austreten läßt, so ist das unrichtig. Aber auch mit Koehler's Verfahren kann ich mich nicht befreunden, welcher beide Gefäße, Blutlakune und Wassergefäß zusammen, als Steinkanal bezeichnet. Unter Steinkanal bezeichnet man ein ganz bestimmtes Organ, und kann dieser Begriff nicht beliebig auf andere Gebilde übertragen werden, wenn diese zufällig an seiner Stelle liegen, oder aber einen vollkommen anderen Bau und jedenfalls auch andere Funktion haben. Koehler[1]) spricht hier „von den beiden Kanälen, welche den Steinkanal bilden", indem er in der Bezeichnung den älteren Forschern folgt. Bei den Spatangen ist nun aber der Steinkanal nur noch auf eine kurze Strecke in seinem Bau, d. h. mit seinem charakteristischen Epithel ausgekleidet, erhalten, und zwar von seinem Ursprung, der Madreporenplatte, an bis zur Drüse, hier verliert er seinen für alle Echinodermen typischen Bau und öffnet sich, oder wenn man will, löst sich in ein Geflecht von Kanälen auf.

Der Verlauf des aus dem Ringkanal entspringenden Wassergefäfses und der dasselbe begleitenden dorsalen Blutlakune (Spatang. purpur.).

Um zu einem richtigen Verständnis dieses Gefäßgeflechtes zu kommen, ist es am vorteilhaftesten, das Wassergefäß, welches vom Wassergefäß-Ringkanal entspringt und zunächst am Schlund durch ein Mesenterium mit ihm verbunden verläuft, in seiner Länge bis zur Drüse zu verfolgen. In gleicher Weise gilt dies für die Blutlakune, die dasselbe begleitet. (Fig. 9, Taf. 12 *BL.*)

Nach Koehler tritt eine kurze Strecke, nachdem beide Gefäße (die er Steinkanal nennt) nebeneinander verlaufen sind, eine Verschmelzung derselben ein. Und während in seinen Figuren ein roter (dorsale Blutlakune) und blauer Kanal (Wassergefäß) am Anfangsteil des Schlundes zu sehen ist, verschwindet jetzt der rote und bis zur Drüse ist nur noch der blaue zu sehen. (Taf. 1, Fig. 1, 2 und 3).

---

1) Koehler, a. o. O. siehe Fig. 4 und 5 auf seiner Tafel 1 und die Erklärung zu derselben.

Die folgende Darstellung basiert auf Querschnittserien durch drei Spatangen, zwei Bryssus unicolor und zwei Echinocardium mediterraneum. Ich habe beide Kanäle in ihrem ganzen Verlauf, also eine Strecke von etwa 10 cm, geschnitten und glaube, da die Resultate bei den drei Arten die gleichen sind, daß die folgenden auf ungemein mühsames und langweiliges Schneiden von Serien basierten Angaben Anspruch auf Richtigkeit machen dürfen.

Bei Lupenbetrachtung der beiden Kanäle gelang es mir bei den letztgenannten Arten immer nur eine Strecke lang beide zu verfolgen, dann schien eine Verschmelzung beider eingetreten zu sein.

Im Januar dieses Jahres erhielt ich nochmals neues Material von Spatang. purpureus zur Kontrolle und an zwei dieser Tiere konnte ich beide Kanäle bis zur Drüse verfolgen. Est ist also die Verschmelzung beider Kanäle nicht in der Weise zu verstehen, daß der eine in dem anderen aufginge.

Bei der Betrachtung mit der Lupe zeigt sich ein heller weißlicher Kanal (Blutlakune) und nach außen von diesem ein dunklerer Strang; Pigmentanhäufungen in demselben machen ihn leicht hervortreten. Was aber bei dieser oberflächlichen Betrachtung als ein Gefäß (Wassergefäß) erscheint, das ist nur am Schlund ein einlumiger Kanal, welcher später einem Gefäßgeflecht Platz macht, dessen Hohlräume mit Pigmentzellen und anderen Zellen angefüllt sind.

Mit dieser Beobachtung stehen alle Schnittserien im Einklang. Es gelingt ebenfalls leicht, die anfangs einlumige Blutlakune von der Ringlakune bis zur Drüse zu verfolgen. Dennoch findet ein Austausch der Flüssigkeiten in dem Wassergefäß und der Blutlakune statt, indem die Hohlräume miteinander kommunizieren, wie eine genaue Schilderung für Spatangus purpureus zeigen wird.

Querschnitte durch Wassergefäß und Blutlakune (wenige Centimeter unterhalb des Schlundes) zeigen, daß jedes der Gefäße nur ein Lumen besitzt (Fig. 9, Taf. 12).

Eine Strecke weiter, noch am Schlunde gelegen, treten auf dem Querschnitt neue Hohlräume auf, welche mit denselben Zellen, wie sie in dem bisher einlumigen Wassergefäß sich fanden, angefüllt sind. Fig 8 zeigt einen solchen Querschnitt. Diese beiden mit K^1 und K bezeichneten Kanäle verschmelzen miteinander und bilden dann ein zweites großlumiges Gefäß, aber nur wenige Millimeter lang. Dann löst sich das Gefäß in eine Menge einzelner

Kanälchen auf, welche wieder miteinander kommunizieren können und mit dem als Blutlakune bezeichneten Gefäß *BL* in Verbindung treten, so daß eine Vermischung beider Flüssigkeiten stattfindet. Dabei verlaufen in der bindegewebigen Wand kleine, oft prall mit Zellklumpen, Pigmentkörnern angefüllte Kanälchen, welche bald miteinander zu größeren Hohlräumen verschmelzen, und mit den übrigen bald sich vereinigen, bald getrennt verlaufen.

Trotzdem nun eine Mischung der Flüssigkeiten in den anfangs getrennten Kanälen stattfindet, bleibt doch die einlumige Blutlakune trotz ihrer Verzweigungen selbst auch weiter kenntlich, und das ist das Merkwürdigste bei dieser Verschmelzung. Von einer Blutflüssigkeit im Gegensatz zu der im Wassergefäßsystem cirkulierenden Flüssigkeit kann jetzt aber nicht mehr die Rede sein, da ja alle Gefäße miteinander in Verbindung stehen. Immerhin wird in den Darmlakunen die Blutflüssigkeit noch am ungemischtesten vorhanden sein, und in der That zeigt sie hier auch fast dasselbe Verhalten wie in den gleichen Lakunen bei den regulären Echiniden.

Fassen wir das Resultat zusammen, so haben wir bei Spatang. purp. an derjenigen Stelle, wo bei den Echiniden der einlumige Steinkanal verläuft, ein Gefäßgeflecht vor uns, welches hervorgegangen ist aus einer Blutlakune (vom Blutlakunenring entspringend, Fig. 1, Taf. 12) und einem Wassergefäß (vom Wassergefäßring entspringend, *WG* in Fig. 1). Das Wassergefäß löst sich zunächst in ein Geflecht von Kanälen auf, welche mit der Blutlakune kommunizieren, diese selbst ist bis zur Drüse zu verfolgen. Im weiteren Verlaufe ist es aber nicht immer möglich, anzugeben, welchem System die neu auftretenden Kanäle zugehören, welche das Gefäßgeflecht bilden, da dieselben von gleichem Durchmesser sein können wie die Blutlakune.

Das Gefäßgeflecht tritt weiter an das drüsige Organ, indem es sich zunächst an einer Seite desselben anlegt und ausbreitet. Fig. 7 auf Taf. 12 stellt einen Querschnitt durch den Anfangsteil der Drüse dar. Mit *GG* ist das Gefäßgeflecht bezeichnet. Dieses umspinnt die Drüse teilweise, wie sich auf Schnitten, welche mehr durch die Mitte derselben gelegt sind, erkennen läßt.

Der feinere Bau des dorsalen Gefäßgeflechtes.

Bevor ich zur Schilderung des feineren Baues des drüsigen Organes übergehe, will ich hier eine kurze Darstellung des feineren Baues der Blutlakunen und des Wassergefäßes geben.

Die Blutlakunen des Darmtractus, als auch der orale wie aborale Blutlakunenring sind Hohlräume und Sinusbildungen in der Bindesubstanz und ohne jede Endothelauskleidung. Nur hier und da könnte man im Blutlakunenring Zellen, die vollkommen abgeplattet die innere Wandung streckenweise besetzen, als zu einem Endothel gehörig betrachten. In den Darmlakunen findet sich eine geronnene, mit Karmin rosa gefärbte Flüssigkeit, in welcher helle, glasige Zellen mit kugeligem Kern auftreten. Die Darmlakune, welche vom oralen Lakunenring abgeht und neben dem Wassergefäß verläuft, ist mit dem Darm durch ein dünnes Mesenterium verbunden (vergl. Fig. 9, Taf. 12). Dieses besitzt eine ausgezeichnete Längsmuskulatur, welche besonders da sehr verdickt ist, wo dasselbe mit dem letzteren zusammenhängt. Die die Darmwand überziehende Epithelschicht, sowie die Bindesubstanzschicht setzen sich fort in die gleichen Schichten des Mesenterium (Fig. 9, Taf. 12). Das vom oralen Wassergefäßring abgehende Wassergefäß, welches nach außen von der Darmlakune liegt, ist von einem aus abgeplatteten Zellen gebildeten Epithel ausgekleidet, welches eine direkte Fortsetzung des Innenepithels im Wassergefäßring ist. Diese Zellen tragen Geißeln. Von diesen Zellen tritt auf Querschnitten nur der ovale Zellkern hervor, welcher in das Lumen des Kanals hineinragt, während der plattenförmige Zellleib nicht hervortritt. Im Wassergefäß wie in diesem von ihm sich abzweigenden Gefäße sind große Massen von Pigment, zu Klumpen geballt, angehäuft, untermischt mit Wanderzellen oder Resten derselben. Besonders gilt dies für Spat. purp., weniger für Bryssus unicolor. Die Wandung des Gefäßes besteht aus Bindesubstanz, deren Fasern nach allen Richtungen sich durchkreuzen. Nach außen wird die Wandung von dem flimmernden Enterocölepithel überkleidet.

Sobald nun diese beiden Gefäße übergehen in ein Geflecht, so kann man in den meisten dieser bald großen, bald kleinen Kanäle eine Epithelauskleidung nachweisen. Der Durchmesser derselben ist äußerst wechselnd. Die Blutlakune mißt im Durchm. 0,65 mm, das Wassergefäß in seinem Anfangsteil 0,3—0,4 mm.

während der Durchmesser der übrigen Kanäle zwischen 0,065 und 0,039 wechseln kann. Dabei sind die kleineren meist vollgepfropft mit Zellenklumpen. Die Zellen selbst sind erfüllt von Pigmentkörnern in verschiedensten Größen. Sobald mehr und mehr Kanäle nebeneinander auftreten, wird die Wandung zwischen den einzelnen immer dünner und so verschmelzen sie leicht miteinander.

Der Bau der Drüse und der Verlauf des Gefäßgeflechtes an derselben.

Die Drüse (Herz der Autoren) liegt am Ende des Darmdivertikels und ist mit diesem durch ein dünnes Mesenterium verbunden. Dieses heftet sich an der Schalenwand an und besorgt bis zum pentagonalen Sinus die Aufhängung und Befestigung der Drüse. Das Gefäßgeflecht verläßt den Ösophagus da, wo derselbe seine Biegung macht und in den Dünndarm übergeht, und verläuft parallel der unteren Darmwindung auf dem zwischen dieser und der oberen Windung ausgespannten Mesenterium, um dann am Divertikel entlang zu ziehen. Die Gestalt der Drüse ist bei Spatangus purpureus mehr oder weniger eiförmig und verjüngt sich nach beiden Enden zu. Am der Madreporenplatte zugekehrten Ende biegt sich ihr dünnes Ende um, um bis zu letzterer zu ziehen. Mit diesem Endabschnitt stehen der anale Blutlakunenring in Verbindung, sowie die zu den Geschlechtsorganen sich abzweigenden Blutlakunen, wie ich sie noch zu zeigen haben werde.

Das Gefäßgeflecht setzt sich an die der Leibeshöhle zugekehrte Fläche an die Drüse an und läßt sich in ganzer Ausdehnung derselben verfolgen.

Die Hauptmasse der Drüse besteht aus Bindesubstanz. Nur wenige und feine Fasern sind in der Grundsubstanz zerstreut. Die Zellen sind meist spindelig ausgewachsen, ihre Fortsätze sehr fein. Weiter trifft man auf Kerne, die mit den Zellen untermischt vorkommen. Äußerlich wird die Drüse überkleidet von dem Leibeshöhlenepithel, wie es alle im Enterocöl liegenden Organe überzieht. Unzählige Kanäle durchziehen dieses Organ meist in der Richtung der Längsaxe desselben. Die im Centrum gelegenen Kanäle verschmelzen miteinander, und so kommt es zu unregelmäßigen, centralen Hohlräumen (vergl. Fig. 6, Taf. 12). Diese stehen durch quere Kanäle in Kommunikation mit den peripheren

Kanälen und mit den Kanälen des der einen Seite der Drüse anliegenden Gefäßgeflechtes, so daß also die Flüssigkeit und die Zellen, welche die Hohlräume des letzteren erfüllen, offenen Zugang zu den die Drüse durchziehenden Kanälen haben. Läßt sich nun in fast sämtlichen Höhlungen des Gefäßgeflechtes ein Epithel nachweisen, so gilt dies ganz besonders für die Kanäle und Hohlräume in der Drüse. Selbst in den kleinsten Hohlräumen gelingt es, eine epitheliale Auskleidung aufzufinden. In diesen, ungefähr 0,03 mm im Durchm. großen Räumen trifft man gelbes Pigment (Spat. purpur.), das durch Alkohol schwer extrahierbar ist und daher auf Schnitten noch sehr gut erhalten ist. Viele dieser kleinen Kanälchen sind voll gestopft von diesem in Gestalt unregelmäßiger Körnchen vorhandenen Pigment. Außer diesen Körnchen kommen kugelige, gelbe Konkrementkörper vor, die ungefähr 0,008 mm im Durchm. betragen. Neben diesen gelben Pigmenten sind es Zellen, die mit schwärzlich-violetten Körnchen erfüllt sind und 0,01 mm groß sind. Solche mit kugeligen Körnchen angefüllte Zellen lagern entweder in den Kanälen oder aber in der Bindesubstanz. Daß es sich hier um Zellen handelt, ist nicht immer nachzuweisen. Auch dieses schwärzliche Pigment erhält sich in Alkohol gut und ist auf allen Schnittpräparaten zu erkennen. Dieselben Pigmentzellen trifft man im Gefäßgeflecht an, von welchem aus sie erst in die Hohlräume der Drüse zu gelangen scheinen.

Seinen größten Durchmesser erreicht das Gefäßgeflecht in der Mitte der Drüse; nach deren Ende zu (der Madreporenplatte zugewendet) verjüngt es sich, und hier tritt der Steinkanal in dasselbe ein. Dieser kommt von der Madreporenplatte her und legt sich an die Drüse an. Fig. 6, Taf. 12 zeigt seine Mündung in das Gefäßgeflecht. Der Steinkanal hat bis zu diesem seinem Ende den Charakter beibehalten, welchen er bei allen übrigen Echinodermen besitzt (besonders Holothurien, Asteriden und regulären Echiniden). Er ist sofort durch das eigentümliche, lange Cilien tragende Epithel erkennbar.

Das drüsige Organ verjüngt sich mehr und mehr, um endlich mit seinem dünnen Ende rechtwinklig umzubiegen und bis zur Madreporenplatte zu verlaufen. Dieser Endabschnitt der Drüse liegt bei dieser Art in einem Hohlraum, einem Schizocölraum, welcher sich bis in die Madreporenplatte verfolgen läßt. Fig. 4, Taf. 12 giebt einen Querschnitt durch diesen Endabschnitt der Drüse wieder, mit *Sch* ist der Sinus, in welchem sie liegt, mit

St-K der Steinkanal bezeichnet, welcher ihn in ganzer Länge begleitet. Dieser Endabschnitt der Drüse wiederholt den Bau des übrigen Teiles. Nur sind die dasselbe durchziehenden Kanäle mehr im Centrum angeordnet. Die gleichen violetten Pigmentzellen, die gelben, kugeligen Konkremente, welche öfters in kleinere Körner zerfallen sind, treten auch in diesem Teile auf. Da, wo dieser Drüsenabschnitt an die Madreporenplatte zu liegen kommt und in das dem schlauchförmigen Kanal der Asteriden homologe Gebilde eintritt, mündet der anale Blutlakunenring in denselben ein. Der Sinus, in welchen bei Spat. purp. der Endabschnitt eingeschlossen liegt, findet sich bei keiner der übrigen Formen wieder vor (er fehlt Bryssus und Echinocardium).

Bevor ich nun den Bau weiter schildere, schicke ich die Beschreibung der Madreporenplatte, des Steinkanales, sowie des analen Blutlakunenringes voraus.

Die Madreporenplatte, der Steinkanal und der pentagonale Schizocölsinus am Scheitelpol.

Bei den regulären Seeigeln liegen die Genitalplatten mit der Madreporenplatte im Umkreis des Afterfeldes. Bei den irregulären Formen ist nun bekanntlich der After aus dem Scheitel herausgerückt, und so erklärt sich die eigentümliche Ansicht, welche die Scheitelplatten, von innen betrachtet, gewähren, auf folgende Weise. Ich habe oben nachgewiesen, daß bei den Regulären rings um das Afterfeld ein ringförmiger Sinus sich findet, welcher in seiner Wandung Blutlakunen birgt. Diesen Sinus durchsetzte der Steinkanal vor seiner Mündung in die Madreporenplatte. Bei den Spatangiden hat sich dieser dort ringförmige Sinus über den ganzen Scheitel ausgedehnt und bildet so eine pentagonale Haube. Durch Vergleichung der Abbildungen Fig. 4 auf Taf. 1 und Fig. 3 auf Taf. 13 läßt sich leicht dieses Verhalten erkennen. In der letzten Figur sind die Ausführgänge der Geschlechtsorgane mit G^1, G^2, G^3 und G^4 bezeichnet. Die Öffnungen der Ausführgänge in den vier Genitalplatten sind da in der Figur zu suchen, wo die Wand des Ausführganges mit der Wandung des pentagonen Sinus verschmilzt.

Der Steinkanal *St.-K.*, begleitet von dem Endteil der Drüse, tritt in diesen Schizocölsinus ein, um noch ein Stück parallel zu den Scheitelplatten zu verlaufen und sich dann rechtwinklig

umzubiegen und senkrecht zur Madreporenplatte in diese einzutreten.

Diese etwas komplizierten Verhältnisse sind besser und voll zu verstehen, wenn wir Vertikalschnitte durch die Scheitelgegend mit zur Betrachtung heranziehen.

Figur 7 auf Tafel 13 giebt einen Vertikalschnitt wieder, welcher durch die Madreporenplatte *Madrep. Pl.*, den Steinkanal, den Ausführgang eines Geschlechtsorganes (Hodens) und die Geschlechtspapille gelegt ist und zugleich die Wandung des pentagonalen Schizocölsinus *S* quer durchschnitten hat. In derselben sehen wir eine dunkel gefärbte Substanz, die geronnene Blutflüssigkeit. Aus dieser Figur geht der Zusammenhang mit der Wandung des Spermaduktes genau hervor, sowie daß andererseits die Wandung dieses pentagonalen Hohlraumes mit der Körperwand, also mit dem Scheitel, in Zusammenhang steht.

Die Madreporenplatte, etwa 1,5 mm im Durchmesser (ausgew. Echinocard. mediterr.), wird vom Körperepithel überzogen, welches sehr verdickt erscheint und reich an epithelial gelagerten Nervenzügen *nf* ist. Die Zellen sind zumeist Stützzellen, deren basale Fortsätze die Nervenfasermasse senkrecht durchsetzen.

Eine Reihe von Poren, welche 0,05 mm groß sind, durchsetzen das Epithel und führen in die zunächst senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Porenkanälchen (Fig. 7, Taf. 13 Madreporenplatte von Echinocardium mediterraneum). Diese Porenkanälchen verlaufen nur eine geringe Strecke lang annähernd senkrecht, dann konvergieren sie teilweise und verschmelzen miteinander. Andere Kanälchen verzweigen sich baumförmig, ihre Äste treten mit benachbarten in Verbindung, und so erscheint die ebenso tiefe, wie breite Madreporenplatte von ohne alle Regel verlaufenden Kanälen durchzogen, welche untereinander in Verbindung stehen und in einen unregelmäßig geformten Hohlraum, den Anfangsteil des Steinkanals, münden. Dieser besitzt nicht ein schlauchförmiges, glattes Lumen, sondern dasselbe hat durch zackenartige Hervorragungen eine unregelmäßige, mäandrische Form erhalten (vergl. Fig. 8 auf Taf. 13). Es stehen, und das ist besonders zu betonen, sämtliche Kanäle der Madreporenplatte in Zusammenhang mit dem Steinkanal. Es mündet keiner derselben in einen anderen Hohlraum. Somit ist auch hier der Befund

derselbe, wie er bei Asteriden von Ludwig[1]) sichergestellt worden ist.

Die Zahl der Porenkanälchen ist eine sehr verschiedene und richtet sich nach dem Alter des Tieres. Je jünger dasselbe, desto weniger Porenkanäle durchsetzen die Platte.

Das Epithel, welches die Porenkanälchen auskleidet, ist ein Wimperepithel von 0,006 mm Höhe; die Zellen besitzen kugelige Kerne. Es beginnt dasselbe scharf abgesetzt gegen die hohe Epidermis mit ihren Nervenzügen, um im Steinkanal einem 0,01 mm hohen Wimperepithel Platz zu machen, welches in seinem ganzen Verlauf vorherrscht. Ein Cuticularsaum wird auch hier durch die meist allein noch vorhandenen Fußstücke der Wimperzellen vorgetäuscht. (Dies gilt für die Schnittpräparate.)

Der Steinkanal tritt nun in der schon beschriebenen Gestalt mit dem gefalteten und zottenartigen Lumen aus der Madreporenplatte heraus und gelangt so in den großen Sinus. Sobald er in diesen eintritt, macht er eine rechtwinkelige Biegung und verläuft zunächst parallel zur dorsalen Oberfläche, indem er noch in dem pentagonalen Schizocölsinus verläuft, um dann an der Grenze desselben aus diesem auszutreten (vergl. Fig. 8, Taf. 13).

Untersucht ist bisher die Madreporenplatte der Spatangiden noch von keinem Forscher, so daß eine ausführliche Schilderung somit gerechtfertigt erscheint. Der Schizocölsinus bedarf noch einiger Bemerkungen. In Figur 7, Tafel 13, welche einen Vertikalschnitt wiedergiebt, ist die Wandung desselben quer durchschnitten. Sie wird nach außen vom Leibeshöhlenepithel überzogen, während die Hauptmasse, welche sie zusammensetzt, aus Bindegewebe besteht. In zahllosen Lücken und Hohlräumen desselben läuft die Blutflüssigkeit. Bei den regulären Formen war der Sinus ringförmig, und die in seiner Wandung sich findenden Blutlakunen beschrieb ich als analen Blutlakunenring. Bei den Spatangiden hingegen ist der After aus dem Scheitel gerückt und der Sinus durch Verwachsung zu einem großen, pentagonalen Hohlraum geworden, es kann somit von einem analen Lakunenring nicht mehr die Rede sein, da die Lakunen in der ganzen Wandung des pentagonalen Hohlraumes verbreitet sind. Da, wo die Ausführgänge der Geschlechtsorgane in den Sinus eintreten, geht die Wandung desselben, das heißt, sein

1) Ludwig, Morpholog. Studien an Echinodermen, 1. Band, Beitr. z. Anat. d. Asteriden.

Epithel und die Bindesubstanzschicht, in die gleichen Schichten des Ausführganges über, und die Blutflüssigkeit, welche als geronnene, mit Karmin rosa gefärbte Masse auftritt, tritt in die Wandung des letzteren ein, um ebenfalls in Lücken und Hohlräumen zu verlaufen, welche eines Endothels entbehren (vergl. Fig. 7, Taf. 13, Ausführgang des Hodens). Diese Blutlakunen in der Wandung des Sinus stehen in Kommunikation mit der Drüse, das heißt, mit dem Endteil derselben, welcher in der Madreporenplatte liegt. Bereits oben habe ich die Thatsache festgestellt, daß der Steinkanal begleitet wird von einem Teil der ungemein verschmächtigten Drüse. Es hat derselbe bis zum Schizocölsinus denselben Bau wie jene. An derjenigen Stelle aber, wo Steinkanal und Endteil der Drüse die Wandung des Sinus durchbricht, geht die Flüssigkeit der Lakunen über in die Hohlräume dieses Organes. Figur 8, Tafel 13 zeigt einen Vertikalschnitt, der diese Verhältnisse wiedergiebt. Mit *R* ist der Endteil der Drüse bezeichnet. Der direkte Zusammenhang mit den Blutlakunen ist zu ersehen. Innerhalb der Madreporenplatte liegt der Endteil in einem Hohlraum, der von abgeplatteten Zellen ausgekleidet wird und als ein Schizocölraum anzusehen ist. Nachdem der Steinkanal mit dem Drüsenende aus dem pentagonalen Schizocölsinus ausgetreten ist, tritt bei Spat. purp. das letztere nicht in die Leibeshöhle ein, sondern wird von einem auf dem Querschnitt sichelförmigen Band umgeben. Auf diese Weise kommt derselbe in einen Hohlraum, einen Kanal, zu liegen, den ich nicht anstehe für ein Homologon des schlauchförmigen Kanales der Asteriden anzusehen (vergl. Fig. 4, Taf. 12). Es reicht dieser Kanal aber nur bis an die Stelle, wo die Drüse ihren größten Umfang besitzt, hier endet er blind, enger und enger werdend.

Nebenbei erwähnen will ich noch, daß die Wandung dieses schlauchförmigen Kanales im Anfangsteil, also da, wo sie in den Sinus übergeht, ungemein verdickt ist, und daß hier ein von Hohlräumen durchzogenes Organ liegt, welches mit dem Endteil der Drüse anfänglich zusammenhängt und wahrscheinlich den in die Leibeshöhle gelagerten Teil derselben vorstellt, wie das in gleicher Weise bei den Asteriden der Fall ist.

Der Steinkanal besitzt kurz nach seinem Austritt aus dem Sinus ein glattes Lumen von ovalem Querschnitt. Die Bindesubstanzschicht seiner Wandung ist stark verkalkt. Vor seiner Mündung in das dem drüsigen Organ angelagerte

Gefäßgeflecht (vergl. oben) verliert sich diese Verkalkung vollständig.

Der Bau der Drüse von Bryssus unicolor.

Bei Bryssus unicolor lassen sich am Anfangsteil des Schlundes zwei nebeneinander verlaufende Gefäße verfolgen, von denen das eine ohne Epithelbelag in seinem Lumen ist, während das andere, welches vom Wassergefäßring abgeht, mit den gleichen Zellen versehen ist wie dieser. Eine Strecke lang laufen diese beiden, mit dem Schlunde durch ein Mesenterium verbundenen Gefäße nebeneinander ohne jede Kommunikation. Etwa an derjenigen Stelle, wo der Schlund umbiegt, sehen wir das Wassergefäß, bisher einlumig, sich in eine Menge von bald kleineren, bald größeren Gefäßen auflösen. Diese Gefäße können um die Blutlakune cirkulär angeordnet sein. Jetzt treten aber neue Hohlräume und Lakunen auf von gleicher Größe, wie die Blutlakune, und mit dieser zusammenhängend, so daß es nicht mehr möglich ist, zu sagen, ob ein Gefäß dem Blut- oder Wassergefäßsystem angehöre, zumal geronnene Blutflüssigkeit in verschiedenen Gefäßen mit Pigmentzellen und Pigmentkörnern zusammenliegt. Dieses Gefäßgeflecht, aus größeren Gefäßen und kleineren, mehr peripher gelagerten zusammengesetzt, welche alle untereinander in Verbindung stehen, bald verschmelzen, bald sich wieder in kleinere auflösen, tritt an die Drüse heran, welche eine ovoide Gestalt besitzt, und heftet sich an einer Seite derselben an. Diese selbst beginnt mit einem blind endenden Hohlraum, welcher im Centrum gelagert ist und sie bis zur Spitze durchzieht, bald ein weites, bald engeres Lumen besitzt oder in mehrere zerfällt. Um diesen centralen Hohlraum gruppieren sich, in der bindegewebigen Wandung liegend, meist der Länge nach verlaufende Kanälchen, welche miteinander wie mit dem Centralraum in Verbindung stehen. Schwarze Pigmenthaufen erfüllen die peripheren Kanäle, oder aber sie sind in der Bindesubstanz abgelagert. Der centrale Hohlraum, sowie die von ihm abgehenden Seitengefäße sind mit einem aus annähernd kubischen Zellen bestehenden Epithel ausgekleidet.

Bis beinahe zum Ende der Drüse läßt sich das Gefäßgeflecht verfolgen, *GG* in Figur 9 auf Tafel 13. Hier tritt der von der Madreporenplatte kommende Steinkanal in dasselbe ein. Derselbe besitzt einen Durchmesser von 0,10 mm, während der Breitendurchmesser der Drüse selbst an dieser Stelle

1,5 mm beträgt. Das Gefäß, in welches sich derselbe öffnet, besitzt ein fast ebenso großes Lumen, es ist ungefähr 0,8 mm weit. Der Steinkanal ist als die alleinige Fortsetzung dieses Gefäßgeflechtes anzusehen; die übrigen Gefäße treten in Verbindung mit den centralen oder den peripheren Hohlräumen der Drüse. Von dieser selbst zweigt sich ein Teil ab, um bis zur Madreporenplatte den Steinkanal zu begleiten, wie ich es bei Spatang. purp. geschildert habe.

Ganz besonders schön ist der Epithelbelag zu erkennen, welcher das Gefäßgeflecht, sobald es an der Drüse verläuft, auskleidet. Figur 10 auf Tafel 13 giebt einen Teil der Wandung desselben wieder. Mit *L* ist ein Gefäß bezeichnet, mit *P* ein Pigmentklumpen. Das Innenepithel zeigt sich als ganz übereinstimmend gebaut mit den die Hohlräume des Wassergefäßsystems auskleidenden Zellen. Es sind mit kugeligem Kern versehene, abgeplattete Zellen. Als Inhalt der Gefäße treten dieselben Zellen auf wie in den Wassergefäßen. Meist sind sie zu großen Ballen untereinander verklebt.

Die Blutlakunen des Darmtractus.

Die Blutlakunen zeigen denselben Bau wie die der regulären Echiniden. Es sind ebenfalls wandungslose Lücken und Spalträume in der Bindesubstanzschicht der Darmwandung. Den Verlauf derselben hat vor allem Koehler[1]) von neuem geschildert und hervorgehoben, daß die Anzahl, wie die Lagerung der Lakunen bei den verschiedenen Gattungen und Arten eine sehr verschiedene sein kann.

Allen Spatangiden kommt ein um den Mund gelegener Blutlakunenring zu. Von diesem Blutlakunenring gehen fünf Ambulacralblutlakunen ab, in denen die fünf Ambulacralnervenstämme lagern, und weiter eine ventrale und eine dorsale Blutlakune, die zunächst am Schlund herab verlaufen. Die ventrale Lakune ist Hoffmann's sog. Verbindungskanal; die dorsale zieht neben dem Wassergefäß, ebenfalls mit dem Schlund durch ein Mesenterium verbunden, herab, und ist ihr Verlauf oben genau geschildert worden. Weiter kam hierzu der Blutlakunen-

1) Koehler, Recherches sur les Echinides des côtes de Provence, in: Annales du musée d'hist. nat. de Marseille. Zoologie, T. 1. Mém. 3. 1883.

ring am Scheitelpol mit den zu den Geschlechtsorganen und dem Endteil der Drüse ziehenden Blutlakunen.

Der Darm wird sowohl auf seiner ventralen, wie dorsalen Seite von Blutlakunen begleitet. Da, wo der Nebendarm denselben begleitet, liegt die Blutlakune nach außen von letzterem; zwischen Dünn- und Nebendarm finden sich keine Lakunen.

Von den Darmgefäßen tritt die Blutflüssigkeit ein in Lücken und Hohlräume der Bindesubstanzschicht des Dünndarmes. Fig. 12, Taf. 11 zeigt ein Stück der Wandung vom Dünndarm aus der Gegend, in welcher derselbe vom Nebendarm begleitet wird. Die Wandung erscheint an dieser Stelle aufgetrieben durch die Menge der Blutflüssigkeit, welche der dorsalen Lakune entstammt. Diese selbst ist stets in konserviertem Zustande eine geronnene Substanz, in welcher die glashellen Blutzellen, welche einen kugeligen Kern einschließen, hervortreten. Sie messen 0,007 mm. Außer der Blutflüssigkeit tritt in den Lakunen, besonders der ventralen Lakune am Nebendarm (Bryssus unicolor), Pigment auf, welches meist in Gestalt von bräunlich-schwärzlichen Körnern angehäuft ist, und zwar teilweise in der an einer Stelle besonders verdickten Wand der Lakune.

Bevor ich dieses Kapitel schließe, möchte ich noch die geschichtliche Entwickelung kurz berühren. Bekanntlich hat Hoffmann das von den französischen Forschern und mir als Drüse oder drüsiges Organ bezeichnete Gebilde als Wassergefäßherz beschrieben. Seine ganze Darstellung basiert nur auf Lupenbeobachtung und Injektionspräparaten, und wird es somit erklärlich, wie er zu seiner eigentümlichen mit den Thatsachen in gar keiner Beziehung stehenden Schilderung gekommen ist.

Zunächst beschreibt Hoffmann, wie der Steinkanal (von der Madreporenplatte aus) entspringt und eine Anschwellung bildet (dies ist die Drüse), aus derselben heraustritt und nun über die „obere Fläche der großen dorsalen Mesenterialplatte nach vorn läuft, an der Stelle, wo die zweite Darmwindung in die dritte übergeht, sich umbiegt, und nun auf die untere Fläche der großen ventralen Mesenterialplatte zu liegen kommt und wieder nach hinten läuft, und an der Stelle, wo der Ösophagus in den Magen übergeht, die Mesenterialplatte verläßt, sich über den Magen biegt und links vom Ösophagus sich in den Wassergefäßring stürzt". Wären die Verhältnisse so einfach, dann freilich hätten die Nachfolger wenig zu thun gehabt. Thatsächlich aber hat Hoffmann folgende Organe übersehen: 1. Den analen Blutlakunenring und

die Verbindung desselben mit der Drüse; 2. den oralen Blutlakunenring und die Lakune, welche aus demselben austritt und dicht neben seinem sogenannten Steinkanal verläuft; 3. mußte er die aus dem Blutlakunenring austretende zweite Lakune (die ventrale in Fig. 1, Taf. 12 mit *BL* [1] bezeichnet) als Wassergefäß (!) deuten (da er keinen Blutlakunenring kannte!) und, da diese Lakune zu den Darmlakunen zieht, als „Verbindungszweig" zwischen Blut- und Wassergefäßsystem ansehen. So folgte ein ganzer Rattenkönig von Irrtümern aus einer flüchtigen Beobachtung!

Zur Klärung dieser Angaben hat Teuscher zuerst beigetragen, dessen Beobachtungen aber nur teilweise durch die Schnittmethode geprüft wurden. Er läßt den Steinkanal nur der Drüse anliegen, hat aber beobachtet, wie die der Drüse anliegende Wand stark verdünnt erscheint. Hier drang seine Injektionsflüssigkeit von der Drüse aus in den Steinkanal ein. Das ist diejenige Stelle, wo der Steinkanal sich in das ihm entgegenkommende Gefäßgeflecht ergießt, wie ich oben beschrieben habe.

Weiter hat Teuscher den Blutlakunenring aufgefunden und Hoffmann's sog. „Verbindungszweig" hat er richtig als ventrale Blutlakune erkannt, sowie er auch die Blutlakune (die dorsale) beobachtet hat, welche das vom oralen Wassergefäßring entspringende Wassergefäß (auf der Dorsalseite des Schlundes) begleitet. Dass der Steinkanal nur von der Madreporenplatte bis zur Drüse reicht und hier in ein Gefäßgeflecht mündet, ist ihm wie allen folgenden Beobachtern, auch Koehler, entgangen.

Unser als Drüse bezeichnetes Organ bezeichnet Teuscher [1]) als Herz und ist der Meinung, daß es weder eine Drüse noch ein Wassergefäßherz (Hoffmann) sei, vielmehr ein rückgebildetes Organ, wie bei den Echiniden.

Nach Koehler, auf dessen Angaben ich bereits einige Male zu sprechen gekommen bin, besteht der Steinkanal am Schlund aus zwei Kanälen, diese verschmelzen miteinander, wie ich das bestätigen konnte, und ziehen zur Drüse. Daß sie als Gefäßgeflecht sich an diese anlegen und in dieses der Steinkanal — von der Madreporenplatte herkommend — mündet, ist Koehler gänzlich entgangen. Nach seiner Schilderung löst sich unser Gefäßgeflecht (sein Steinkanal) in der Drüse auf, und am Ende desselben entspringen zwei Kanäle, der eine wird als Steinkanal, der andere als canal madréporique bezeichnet. Der erstere ist nun

1) Teuscher, l. c. pag. 532.

thatsächlich der echte Steinkanal, der letzte aber nichts anderes als der Endteil der Drüse, welcher als solcher bekanntlich auch bei den Asteriden bis in die Madreporenplatte reicht und in welchen bei letzteren, wie bei den Echiniden und Spatangiden (vergl. das oben Gesagte) Blutlakunen münden, welche vom apikalen Blutlakunenring kommen. Nach Koehler[1]) soll nun der canal madréporique in der Madreporenplatte nach außen münden und das flüssige Sekret nach außen befördern, während der echte Steinkanal sich in Interstitien der Bindesubstanz auflösen soll. Nur einige wenige Vertikalschnitte durch die Madreporenplatte hätten Koehler von der Falschheit seiner Angaben überzeugen können. Wären die Verhältnisse thatsächlich so vorhanden, wie er sie schildert, so würden die Spatangiden ganz außerhalb der übrigen Echinodermen stehen, bei denen allen der Steinkanal einzig und allein durch die Madreporenplatte nach außen mündet, wie für die Seesterne besonders Ludwig[2]) gezeigt hat, und ich[3]) für die Holothurien und soeben für die regulären wie irregulären Seeigel bestätigen konnte.

Kapitel 4.

Die männlichen Geschlechtspapillen.

Merkwürdigerweise haben die Untersucher der Spatangiden bisher die großen äußeren Geschlechtspapillen gänzlich übersehen.

Nach Hoffmann's[4]) Angabe münden die Ausführgänge der Geschlechtsorgane durch fünf Öffnungen (bei Echinocard. cordat. u. anderen), die sogenannten Genitalporen. Auch dem letzten Untersucher Koehler sind die äußeren Organe entgangen. Dies mag darin seinen Grund haben, daß keiner dieser Forscher die dorsalen Platten in Schnittserien zerlegte, sondern daß sie es nur bei der äußeren Betrachtung bewenden ließen.

Zur Untersuchung verwendete ich nur Echinocardium mediterraneum, welches sich vorzüglich eignet, um die Madreporenplatte,

---

1) Koehler, a. o. O. pag. 96 u. f.
2) Ludwig, Morpholog. Studien, Bd. 1. Die Asteriden, p. 154.
3) Heft 1 und 2 dieser Beiträge.
4) Zur Anatomie der Echinen und Spatangen, in: Niederl. Archiv für Zoologie 1871.

Steinkanal und Geschlechtsorgane in Schnittserien zu zerlegen. Die dorsalen Platten wurden in Chromsäure von 0,3% entkalkt, 12 Stunden ausgewaschen, dann in Alkohol gebracht, um nach längerem Verweilen in demselben mit Karminlösungen gefärbt zu werden.

Es erhebt sich bei den männlichen Spatangiden auf jeder der vier Genitalplatten je ein kegelförmiges Gebilde, welches eine Länge von 5 mm besitzt (in 70% Alkohol getötetes Echinocard.) und als Geschlechtspapille bezeichnet werden kann.

Fig. 7 auf Taf. 13 zeigt den Penis der Länge nach durchschnitten. Der Ausführgang des Hodens *AG* tritt an die Körperwand heran, durchsetzt diese, um in die Papille einzutreten.

Das Innenepithel des Ausführganges besteht aus niedrigen, etwa 0,006 mm hohen Zellen. Es setzt sich fort in das ungemein hohe Wimperepithel, welches das Lumen des Penis auskleidet. Dieses Epithel besteht aus 0,03 mm hohen Cylinderzellen. Ihre feinen Wimpern, die sehr lang sind, zeigen sich teilweise noch an den Schnittpräparaten erhalten. Während nun im Ausführgang die reifen Spermatozoen das ganze Lumen erfüllen, sind sie in der Papille nur immer in kleineren Mengen vorhanden. Im Ausführgang geschieht ihre Fortbewegung durch die Kontraktion der reichlich entwickelten cirkulären Muskulatur. Diese reicht aber nur bis an diejenige Stelle, an welcher der Ausführgang in die Körperwand eintritt. Hier ist sein Ende meist etwas erweitert und hier beginnen die langen Wimperzellen, und diese sind es nun, welche den reifen Samen durch die Penisöffnung nach außen befördern. Dieser kann also nicht ruckweise entleert werden, sondern allmählich. Wie sich bei Echinocardium, überhaupt den Spatangiden die Begattung vollzieht, ist leider unbekannt. Bei einem nächsten Aufenthalte an der See denke ich hierüber Untersuchungen anstellen zu können. Daß aber eine ähnliche Befruchtung stattfinden muß, wie sie Ludwig[1]) bei Asterina gibbosa beobachtet hat, scheint sehr wahrscheinlich zu sein.

Die Wandung des Penis setzt sich weiter zusammen aus einer mehr oder minder dünnen Bindesubstanzschicht, welcher nach außen das allgemeine Körperepithel aufliegt, in welchem nur wenige Nervenfaserbündel sich verzweigen. Die Bindesubstanzschicht, welche die Basis des Penis umgiebt, ist von besonderer Beschaffenheit.

---

1) Ludwig, Entwickelung der Asterina gibbosa, in: Morpholog. Stud. an Echinod. 2. Bd. 1882.

Sie entbehrt jeder Kalkeinlagerung und ist die Grundsubstanz von gallertartiger Konsistenz. Sternförmige und spindlige Bindesubstanzzellen verzweigen sich in ihr. In der Fig. 7 auf Taf. 13 tritt dieser Teil durch seine dunklere Färbung hervor, während die entkalkte Bindesubstanz, das heißt, ihre Fasern sich immer nur wenig färben.

Einer Bewegung ist die Papille ihrem Bau nach kaum fähig, sie kann weder sich kontrahieren, noch ausdehnen.

An ihrer Basis ist das Epithel sehr verdickt, was mit der starken Ansammlung der Nervenfaserbündel zusammenhängt (vgl. die Fig.).

Die weiblichen Geschlechtspapillen.

Bei den weiblichen Spatangiden mündet der Ovidukt nicht einfach durch eine Öffnung in der Genitalplatte nach außen, sondern auch bei diesen findet sich auf jeder Genitalplatte je eine papillöse Erhebung, welche auf ihrem konisch zugespitzen Ende durchbohrt ist. In dieses äußere Kopulationsorgan tritt der Ovidukt ein. Die Entleerung der Eier geschieht durch die Öffnung in der Spitze des Organes. Diese Kopulationsorgane sind äußerlich sehr ähnlich denen der männlichen Tiere, nur etwas gedrungener im Bau.

Kurz nachdem der Ovidukt in die Wandung der Genitalplatte eingetreten ist, schwillt er kuglig an zu einem Ei-Reservoir, welches also in der Genitalplatte liegt. In diese kuglige Erweiterung werden die Eier zunächst getrieben, und kann sie prall von ihnen angefüllt sein. (Ihr Durchmesser beträgt etwa 0,1 mm.) Sie gelangen in dieselbe durch die Kontraktionen vornehmlich der cirkulären Muskulatur des Oviduktes. Diese hört auf, sobald der Ovidukt in die Genitalplatte eindringt. Die Weiterbeförderung der Eier geschieht von hier aus durch die langen Wimpern des Innenepithels der Papillen, in gleicher Weise wie ich das von dem Sperma oben geschildert habe. Die Eier haben einen Durchmesser von 0,04 mm. Es werden deshalb immer nur wenige auf einmal durch den engen Kanal der Papille nach außen gelangen können.

Alle Eier sind vollkommen reif, das heißt, die Bildung von Polzellen ist bereits vor sich gegangen und an Stelle des großen Keimbläschens der unreifen Eier ist der kleinere Eikern getreten. Die Befruchtung geschieht sicher auch hier erst, nachdem die Eier in das Seewasser gelangt sind und nun mit dem Sperma in Berührung kommen.

Daß die Einrichtung von äußeren Geschlechtspapillen bei der Erhaltung der Art von nicht zu unterschätzendem Vorteil sein wird, ist selbstverständlich. Mit der eigentümlichen Lebensweise der Spatangiden, welche eine von der der Echiniden abweichende ist, wird diese Entleerung der Geschlechtsprodukte zusammenhängen. Bekanntlich graben sich viele dieser Spatangiden tief in den Sand ein. Wahrscheinlich thun dies alle Echinocardien, und ich erinnere nur an Ech. cordatum, welches man in Helgoland in Höhlen, in den Sand eingegraben, leicht beobachten kann.

Kapitel 4.

Der Darmtractus.

Dadurch, daß After und Mundöffnung (in Vergleich zu den regulären Formen) ihre Lage verändert haben, kann man am gesamten Darmtractus vier Windungen unterscheiden. Von der Mundöffnung, die zwischen Ober- und Unterlippe liegt, steigt senkrecht der Ösophagus hinab, und am Übergang in den Dünndarm liegt die erste Windung. Unmittelbar nach der Biegungsstelle tritt der von DELLE CHIAJE entdeckte Nebendarm aus demselben heraus, um ungefähr da in den Dünndarm einzumünden, wo derselbe die letzte Umbiegungsstelle desselben bildet. Der Darm beschreibt weiter eine untere sowie obere Windung, die übereinander liegen und wie bei den Echiniden in entgegengesetzter Richtung verlaufen[1]). Endlich geht er nach einer letzten Windung in das Rectum über und zieht zum After. Im ganzen Verlaufe ist der Darm durch Mesenterien oder Stränge an der Körperwand befestigt.

Ich unterscheide den Anfangsteil des Schlundes bis zur Umbiegungsstelle als Schlund, während der Magen von hier an bis zum Ursprung des Nebendarmes reicht, wenn man überhaupt diesen Teil besonders zu benennen hat. Hierauf folgt der lange Dünndarm, welcher an der letzten Umbiegungsstelle in den Dickdarm übergeht. Hierzu kommt noch das Divertikel, von länglich-ovaler Form, welches auf dem Dünndarm aufliegt.

Der Schlund. Bis zur ersten Biegung des Darmes zeigt

---

1) Vergl. hierüber besonders HOFFMANN und KOEHLER, a. o. O. pag. 34.

sich derselbe bei Spat. purp. auf seiner Innenfläche ausgekleidet von nahezu kubischen Zellen (Fig. 9, Taf. 12). Diese Zellen scheinen keine Flimmerhaare zu besitzen, wie sie HOFFMANN ihnen zuschreibt, denn sonst wäre die sich deutlich oft auf weite Strecken abhebbare Cuticula nicht recht erklärlich. Diese stellt ein mehr oder weniger stark entwickeltes helles Häutchen dar. In Fig. 9 sieht man sie teilweise von den Zellen abgehoben. Unterhalb des Innenepithels lagert die Bindesubstanzschicht. In ihrer Grundsubstanz sind wenig Zellen und Fasern vorhanden. Sie besitzt eine gallertartige Konsistenz im lebenden Zustand. Pigmenthaufen von schwärzlicher Farbe, eigentümliche gelbe, kuglige Konkretionen sind oft in großer Anzahl anzutreffen. Ist das Lumen im Anfangsteil des Schlundes glattwandig, so erheben sich bald Zotten, von der Bindesubstanzschicht und dem Innenpithel gebildet, in das Innere. Sie treten in Gestalt von zackigen Längslinien bei Oberflächenansicht hervor.

In der äußersten Lage der Bindesubstanzschicht liegen Längsmuskelfasern und nach außen von ihr eine Ringsmuskelschicht (Fig. 9, Taf. 12). Die Längsmuskelfasern bilden keine gemeinsame ununterbrochene Schicht, sondern stehen stets mehrere zu Trupps angeordnet zusammen. Diese Bündel stehen in gleichen Abständen voneinander. Die Ringsmuskularis besteht aus kreisförmig angeordneten glatten Muskelfasern. Auch sie ist nicht sehr stark entwickelt. Nach außen von diesen Muskelfasern liegen hier und da noch wenige Bindesubstanzfasern und Zellen und als Hülle wird die Schlundwandung von einem aus wimpernden, abgeplatteten Enterocölzellen gebildeten Epithel umgeben, wie dasselbe alle in der Leibeshöhle gelagerten Organe sowie die innere Fläche der Körperwand überzieht.

Bei Bryssus unicolor (Fig. 4, Taf. 13) wird der Schlund von cylindrischen Zellen ausgekleidet, welche einen sehr geringen Querdurchmesser besitzen. Der Kern liegt in verschiedener Höhe der einzelnen Zellen, so daß der Anblick eines mehrschichtigen Epithels vorgetäuscht werden kann. Besonders stark sind bei dieser Art die Anhäufungen von schwarzkörnigen Pigmentkörpern *Ph* in der Bindesubstanzschicht. Die Anordnung der Muskulatur ist die gleiche wie bei Spat. purp. Der zweite Darmabschnitt vom Ende des Schlundes bis zum Ursprung des Nebendarmes wurde als Magen von mir bezeichnet. Es geschah dies aus dem Grunde, weil KOEHLER vielzellige, schlauchförmige Drüsen in diesem Abschnitt gefunden hat und somit ein dem Magen der

Asteriden und der Holothurien gleicher, homologer Darmteil damit den Spatangiden zuerkannt wird. Inwiefern auch anderen Gattungen solche Drüsen zukommen, und ob man bei allen Arten einen zweiten Darmabschnitt histologisch unterscheiden darf, darüber habe ich keine weiteren Beobachtungen angestellt, muß also diese Fragen unentschieden lassen. Die übrigen Schichten bleiben dieselben.

Im Dünndarm trifft man im ganzen Verlauf ein aus langen, cylinderförmigen Zellen sich zusammensetzendes Epithel an, welches bald glatt verläuft, bald in Zotten gelegt die innere Oberfläche vergrößert. Die Wandung des Dünndarms ist sehr dünn im Verhältnis zu seinem Umfang und mißt nirgends über 0,3 mm. Bei Bryssus unicolor haben die Epithelzellen der Windung, welcher der Hauptnebendarm anliegt, eine Länge von 0,06 mm—0,03 mm. Ein Cuticularsaum, 0,003 mm dick, liegt der Peripherie auf. Derselbe ist als Rest der Flimmerhaare anzusehen, von denen nur die Fußstücke erhalten sind. Diese sind leicht voneinander zu unterscheiden.

Die unterhalb des Innenepithels gelagerte Bindesubstanzschicht ist meist gering entwickelt. Nur da, wo die Blutflüssigkeit (auf den Schnittpräparaten als geronnene Substanz erkennbar) in unregelmäßigen Lücken in derselben verläuft, ist sie stärker verdickt, wie Fig. 12 auf Tafel 11 zeigt. Anhäufungen von Pigmentkörnern sind in großer Menge vorhanden. Die Längsmuskulatur ist sehr gering entwickelt. Die Fasern bilden auch in diesem Darmabschnitt keine zusammenhängende Schicht, sondern sind oft durch Interstitien voneinander getrennt. Desto kräftiger ist die Ringsmuskelschicht gebildet. Nach außen von ihr liegt das wimpernde Enterocölepithel mit seinen abgeplatteten Zellen. Derselbe Bau des Dünndarms, wie ich ihn hier für Bryssus schildere, kommt auch Spatangus zu, wie aus Koehler's [1]) Beschreibung hervorgeht. Zur Unterscheidung einer inneren und äußeren Bindesubstanzschicht der Darmwandung, wie es der genannte Forscher thut, scheint mir gar kein Grund vorzuliegen. Zwischen der Ringmuskulatur und dem Außenepithel findet man allerdings hier und da Bindesubstanzfasern und Zellen, aber in so geringem Maße, daß man von einer besonderen Schicht kaum sprechen kann. Sowohl im Dünndarm, als im Schlund trifft man auf Nervenzüge, welche teils Fasern zur Muskulatur abgeben, teils an das Innen-

1) A. o. O.

epithel zu treten scheinen. Dieses Darmnervensystem, welches ich hier zum ersten Male von Spatangiden beschreibe, ist weiter oben in dem Kapitel über das Nervensystem näher besprochen worden.

Der Nebendarm, von DELLE CHIAJE entdeckt, entspringt als dünnes Rohr am Anfangsteil des Dünndarmes, nicht am Rande, sondern mehr auf demselben, wie am besten ein Blick auf Figur 11, Tafel 11 lehrt. Auf der inneren Fläche des Dünndarms zeigt sich eine schlitzförmige Öffnung, sehr eng, um keinem der größeren oder kleineren Steine oder anderen Fremdkörpern des Dünndarmes den Eintritt zu gestatten.

Der Nebendarm schwillt eine geringe Strecke nach seinem Ursprung ungemein stark an und kann einen Durchmesser von 5 mm erreichen. Seine Stärke ist somit eine weit größere als bei den regulären Formen.

Eigentümlich ist sein Eintritt in den Dünndarm. Fig. 11, Taf. 12 zeigt diesen geöffnet. Auf der inneren Fläche erkennt man eine halbmondförmige Figur. Diese kommt dadurch zustande, daß der Dünndarm durch eine Klappe gegen den Nebendarm verschlossen ist. Liegt die Klappe *Kl* so, wie in der Figur gezeichnet ist, dann bleibt nur ein kleiner, halbmondförmiger Schlitz übrig, der die Kommunikation des Dünndarm- mit dem Nebendarmlumen gestattet.

Der Bau der Wandung des Nebendarmes stimmt bei Bryssus unicolor in fast allen Stücken überein mit dem des Dünndarmes.

Das Innenepithel besteht aus cylindrischen Zellen, deren Substanz fein granuliert ist. Die Höhe des Epithels kann eine sehr wechselnde sein. Ein kugeliger Kern liegt im freien Ende der Zellen. Der Zellinhalt färbt sich mit Karmin. Abgegrenzt wird dieses Epithel von der darunter liegenden Bindesubstanzschicht durch eine starke Basalmembran. Eine solche hat KOEHLER in allen Darmabschnitten beschrieben als membrane élastique. Mir ist sie nur hier aufgefallen in so starker Ausbildung, wie sie nach dem französischen Forscher allgemein sein soll. Ein so starkes Hervortreten der Basalmembran ist wohl nur der Konservierungsart zuzuschreiben.

In der Bindesubstanzschicht treten in der Grundsubstanz feine Fasern und Zellen auf, sowie die gleichen Pigmentanhäufungen, wie im übrigen Verlauf des Hauptdarmes. Blutlakunen und geronnene Flüssigkeit habe ich auf keiner meiner zahlreichen Schnittserien (Bryss. unicol.) nachweisen können (Fig. 13, Taf. 13).

Das Epithel des Dünndarmes geht direkt in das des Nebendarmes an seiner Ursprungsstelle über. Es hat bei Bryssus hier eine Länge von 0,02 mm. Große Mengen von gelbkörnigem Pigment sind zwischen den Zellen an ihrer Basis abgeschieden. Das Lumen des Nebendarmes ist sehr oft erfüllt von großen, blasigen Protozoen (Infusorien), deren eiförmiger Körper unregelmäßig geformten Kern besitzt. Ein Stäbchenbesatz unterhalb des vorderen Körperendes, welches etwas zugespitzt ist, zeichnet diese nur auf Schnittpräparaten untersuchten Parasiten aus. Große Mengen von einem Sekret erfüllen besonders da, wo der Nebendarm entspringt, sein Lumen, und man kann beobachten, wie dieses Sekret von den Zellen abgeschieden wird, welche die innere Auskleidung bilden. Sekrettropfen treten aus den Zellen an ihrem freien Ende heraus.

Bei Spatangus existiert nur ein Nebendarm; ebenso bei Echinocardium. Drei hierauf untersuchte Gattungen, Bryssus, Schizaster und Bryssopsis, besitzen einen zweiten Nebendarm, welcher durch Koehler [1]) aufgefunden worden ist. Er verläuft zwischen dem Dünndarm und dem Hauptnebendarm und besitzt nach Koehler eine verschiedene Länge bei den einzelnen Gattungen.

Ich habe denselben nur bei Bryssus unicolor näher untersucht. Der Durchmesser dieses zweiten Nebendarmes ist ein sehr geringer und beträgt wenig über einen Millimeter. Dabei ist seine innere Höhlung nicht glatt, sondern der Länge nach verlaufende Wülste springen in sein Lumen hervor. Auf dem Querschnitt tritt dieser Bau dadurch zur Beobachtung, daß unregelmäßige Wülste in meist dreieckiger Form in das Lumen hervorspringen und dieses selbst so sehr verengt erscheint. Das von den langen, cylindrischen Zellen abgesonderte Sekret liegt in Gestalt einer sich mit Karmin rosa tingierenden, geronnenen Masse in dem engen Lumen. Dieser zweite Nebendarm liegt dem Dünndarm dicht angeschmiegt an, durch ein dünnes Mesenterium mit ihm verbunden.

1) Koehler, a. o. O.

Allgemeiner Teil.

Kapitel 1.

Zur Phylogenie der Echinodermen.

Ihr Ursprung.

Wenn man die Frage aufstellt, mit welcher Gruppe von Metazoen sind die Echinodermen, unter Rücksichtnahme auf ihre gesamten Organisationsverhältnisse am nächsten verwandt, so wird die Antwort zugleich auf ihre phylogenetische Entstehung Licht zu werfen geeignet sein. Ich sagte, wenn man die gesamten Organisationsverhältnisse, also die Beschaffenheit des Nervensystems, der Leibeshöhle u. s. w., in Betracht zieht, und wollte damit zugleich andeuten, daß ich alle die Versuche als verfehlt ansehen muß, welche nur auf ein einziges Organsystem ihr Augenmerk richten, wie es jüngst KLEINENBERG gethan hat, der dadurch, daß er nur das Nervensystem in Betracht zog, zu den wunderlichsten Spekulationen über den Ursprung der Anneliden von Medusen gekommen ist, Spekulationen und Gedanken, die sich „im natürlichen Geschehen" wohl nicht so bald wiederfinden dürften. Die Larvenformen der Echinodermen, die Entstehung der Leibeshöhle, des Enterocöls, die Entstehung und der Bau des Nervensystems werden vornehmlich auf wurmartige Wesen hinweisen, und zwar auf solche Formen, welche ein typisches Enterocöl in gleicher Entstehung und Ausbildung besitzen, und bei denen das Nervensystem entweder noch im Ektoderm gelegen ist, wie bei den Asteriden, oder doch in ähnlicher Weise, wie es bei Echiniden, Holothurien der Fall ist, gelagert erscheint. Eine nähere Verwandtschaft mit den Cölenteraten den Echinodermen

zuzuschreiben, wie es Kleinenberg in einer allerdings nur nebenbei hingeworfenen Bemerkung (s. Entstehung d. Annelids etc. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 44, 1886) thut, geht nicht an, denn die Übereinstimmung im Bau des Nervensystems allein würde nicht ausreichen, die große Menge der sonstigen Differenzen im Bau auszugleichen, wie beispielsweise das Vorhandensein einer Leibeshöhle bei den Echinodermen.

Unter den verschiedenen Wurmgruppen sind es vor allem die Anneliden mit ihrem typischen Enterocöl, welche den Echinodermen am nächsten stehen, wie Haeckel schon vor langer Zeit ausgeführt hat. Und in der That wird diese Anschauung ganz besonders unterstützt, besonders auch durch den Bau der Körperwand. Bei den Asteriden findet sich in jedem Arm ein Hautmuskelschlauch vor, bestehend aus einer Rings- und einer Längsmuskelschicht. Bei Echiniden ist die erstere nur noch rudimentär (Ludwig) vorhanden, während bei den Holothurien dieselbe auf bestimmte Zonen beschränkt erscheint.

Was den Bau des Nervensystems anlangt, so ist derselbe bei Asteriden der denkbar einfachste — Epithelsinneszellen und Nervenfasern. Aber auch unter den Würmern, und gerade unter den höher entwickelten, finden wir Formen, wo das gesamte Nervensystem während des ganzen Lebens im Ektoderm persistiert. Das ist bei den Archanneliden der Fall (Hatschek und Fraipont).

Es liegt demnach kein Grund vor, der uns hindern könnte, die Echinodermen, wenn auch nicht als Anneliden anzusehen, so doch als abstammend von mit echter Leibeshöhle versehenen Würmern, bei denen das Nervensystem noch auf der niedrigsten Entwicklungsstufe sich befand, und bei denen ein Wassergefäßsystem wahrscheinlich schon ausgebildet war. Dabei fragt es sich aber vor allem: welche Gruppe der Echinodermen ist als die ursprünglichste aufzufassen, und sind die einzelnen Abteilungen voneinander ableitbar?

Es ist merkwürdig, daß der größte Teil der Zoologen und Geologen die Crinoideen (oder Cystideen) als diejenigen ansehen, welche alle Organisationsverhältnisse am ursprünglichsten bewahrt haben sollen.

Crinoiden wie Asteriden sind von gleichem Alter. Beide Gruppen treten bereits in der Silurformation auf. Die uns aber hier zuerst entgegentretenden Arten sind weit entfernt, als ursprüngliche gelten zu können. Diese selbst sind uns nicht aufbewahrt worden. Begreiflich wird dies, wenn man bedenkt, daß

bei ihnen das Kalkskelett, also die der Erhaltung am meisten förderlichen Teile, noch wenig ausgebildet gewesen sein wird, und daß überhaupt sämtliche Asteridenreste sich sehr schlecht konserviert zeigen, so daß sie meist nur in Fragmenten vorkommen. Von der Paläontologie ist deshalb niemals zu erwarten, daß sie die Stammesgeschichte dieser Gruppen aufklärt. Dieser auch von Zittel ausgesprochenen Ansicht (Handbuch der Paläontologie, Bd. I. 1. pag. 309) sind andere Paläontologen, wie Neumayr, nicht beigetreten (Morphologische Studien über Echinodermen, in: Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. 86. 1881), sondern haben einen Stammbaum der Echiniden errichtet fast lediglich auf paläontologische Befunde hin. Ob dieser Stammbaum mit den anatomischen Befunden vereinbar ist, werde ich kurz erörtern.

Nach Neumayr sind als Stammgruppe der Echinodermen die Cystideen anzusehen, also eine Gruppe, welche andere mit den Crinoiden vereinigt haben, und von ihnen aus sollen sich die Crinoiden abgezweigt haben. Diese Abzweigung ist nicht mehr nachweisbar, da beide Gruppen nebeneinander im Untersilur auftreten und frühere Reste nicht aufgefunden worden sind. Es ist also die Annahme, daß die Cystideen die älteste Echinidengruppe seien, nicht einmal paläontologisch begründet. Weiter sollen nach Neumayr von den Cystideen sich die Ophiuroasteriden und nach einer anderen Richtung die Echiniden abgezweigt haben. Ob es sich nicht um bloß äußere zufällige Ähnlichkeiten handelt, wenn unter den Cystideen Formen, wie Agelacrinus, an die Asteriden gemahnen, ist schon von anderen Forschern hervorgehoben worden. Das Gleiche gilt wohl von den Ähnlichkeiten, die man zwischen Cystideen (Mesites u. a.) und Echiniden konstruiert hat. Die genetischen Verhältnisse sind auch hier, wie Hoernes sagt (Elemente der Paläontologie 1884, pag. 173) noch sehr zweifelhaft.

Nimmt man nun noch hinzu, daß gegen die Homologisierung der Basaltäfelchen des Crinoiden-Kelches mit den Scheitelplatten der Echiniden (H. Carpenter) gewichtige Bedenken erhoben worden sind, so nimmt die Wahrscheinlichkeit zu Gunsten der Ableitung der Echiniden von den Crinoiden noch mehr ab.

Zu alledem kommt noch, was den Ausschlag giebt, daß die Crinoiden anatomisch und histologisch unmöglich als die Stammgruppe der Echinodermen angenommen werden können. Unser jetziger Standpunkt kann nur der sein, daß auf der einen Seite

die Crinoiden stehen, auf der anderen die Asteriden, von denen aus ohne Zwang sich die Echiniden herleiten lassen, und endlich die Holothurien. Während die letztgenannten drei Gruppen in ihrer Organisation sich voneinander ableiten lassen, stehen die Crinoiden außer allem Zusammenhang.

Ganz eigentümlich und bei keiner Gruppe vorhanden sind die merkwürdigen Kelchporen, durch welche die Leibeshöhle mit der Außenwelt in Verbindung steht. Vor allem ist aber das Nervensystem nicht in der ursprünglichen, bei Asteriden vorhandenen Gestaltung erhalten. Es ist dasselbe (Nervenring und von demselben ausstrahlende radiäre Ambulacralnervenstämme) nicht mehr epithelial, sondern subepithelial gelagert. (Ludwig.)

Der wichtigste Teil des Nervensystems der Crinoiden ist jedoch dorsal gelagert im Centrodorsale; von einem Centralorgan gehen in jeden Arm Faserzüge ab, und von diesen solche zu den Muskelbündeln und Anhängen des Armes, wie es W. B. Carpenter schon im Jahre 1865 beschrieben hat. Ein so gestaltetes dorsales Nervensystem findet sich weder bei Asteriden (Ophiuren), Echiniden und Holothurien vor. Vor allem ist dann noch der Leibeshöhle der Crinoiden zu gedenken, welche wahrscheinlich als Schizocölraum aufzufassen ist, und der Geschlechtsorgane, deren Gestaltung eine von der der übrigen Gruppen abweichende ist.

Es lassen sich die Crinoiden deshalb am ungezwungensten, wie ich meine, als ein Seitenzweig der Echinodermen ansehen, dessen Ursprung uns zweifelhaft ist. Als der Wahrheit vielleicht am nächsten kommend darf man aber wohl annehmen, daß die Crinoiden wie die Asteriden einer gemeinsamen Wurzel entsprossen sind. Die letzteren halte ich für die der Stammform am nahestehendsten Echinodermen, indem ich besonders auf den Bau und die ektodermale Lagerung des Nervensystems hinweise. Wie ich mir die Echiniden aus ihnen entstanden denke, werde ich auf den nächsten Seiten entwickeln.

Somit komme ich zu dem Resultat, daß die Forscher, an der Spitze Haeckel, G. O. Sars, Lange, das Richtige getroffen haben, wenn sie die Asteriden an die Spitze der Echinodermen stellen. Die Paläontologie, um das nochmals zu betonen, stützt weder die eine Deutung („die Crinoiden als die der Stammgruppe zunächst stehende älteste Echinodermenklasse“ zu betrachten, Claus) noch die andere, von mir soeben vertretene, da beide Gruppen zusammen zu gleicher Zeit im Untersilur auftreten. Allein die morpho-

logischen Daten können hier zur Entscheidung herangezogen werden.

Die Verwandtschaftsverhältnisse zwischen Asteriden und Echiniden.

Nachdem ich die Organisationsverhältnisse der Echiniden dargestellt habe, möchte ich es im folgenden versuchen, die Gründe zusammen zu stellen, welche den Satz zur möglichsten Wahrscheinlichkeit erheben sollen, daß die Asteriden als die ursprünglichste der Stammform der Echinodermen am nächsten stehende Gruppe angesehen werden müssen und die Echiniden aus ihnen herzuleiten seien, wie es schon von Haeckel, Gegenbaur und anderen angenommen worden ist.

Ich bin mir hierbei wohl bewußt, daß diese Annahme für viele als feststehender Satz gilt. Für diese ist das Folgende nur zum geringsten Teile geschrieben, sofern sie nicht wie ich der Meinung sind, daß dieser Satz bisher noch unbewiesen sei. Ich möchte vor allem auch weiter ausführen, daß überhaupt nur die eine Möglichkeit vorhanden ist, die Organisationsverhältnisse der Echiniden zu erklären, wenn wir sie von denen der Asteriden herleiten, und daß diese Annahme allein eine ungezwungene Erklärung ihres Baues zuläßt.

Die Paläontologie zeigt uns, daß die Asteriden zu den ältesten Organismen gehören, und daß nichts im Wege steht, die Echiniden, die bereits im Untersilur vertreten sind, von ihnen abzuleiten. Dabei ist natürlich immer nur an die regulären Seeigel zu denken, nicht aber an die irregulären wie die Spatangiden, die mit größter Sicherheit als spätere Bildungen anzusehen sind. — Wenn ich deshalb im folgenden von Echiniden spreche, so sind damit zunächst nur die regulären Seeigel gemeint.

Bei einer Ableitung des Echiniden-Organismus von dem der Asteriden wird an erster Stelle zunächst das Nervensystem in Betracht zu ziehen sein. Das Nervensystem entsteht bei den Seesternen im Ektoblast [1]) und behält seine Lagerung im Ektoderm bei. Dies gilt für das Centralnervensystem, Gehirnring und die fünf (oder mehr) Ambulacralnervenstämme. Das Darmnervensystem lasse ich als unwesentlich bei unserer Vergleichung beiseite.

Bei den Echiniden liegt am erwachsenen Tier das Nerven-

1) Vergl. Ludwig, Asterina gibbosa.

system nicht mehr im Ektoderm: es ist in das Mesoderm zu liegen gekommen, und nur da, wo Sinnesorgane vorhanden sind, sehen wir dasselbe noch in Verbindung mit dem Körperepithel stehen.

Sind nun die Elemente, welche das Centralnervensystem bei den Echiniden zusammensetzen, dieselben wie die der Asteriden oder doch ableitbar von denen der letzteren Gruppe? Um diese Frage zu entscheiden, sei kurz auf die Zusammensetzung des Nervensystems der Asteriden hingewiesen. Gehirnring und Ambulacralnerven bestehen aus mit Ganglienzellen untermischten Nervenfasern, welche zwischen den Fortsätzen der ungemein verlängerten, fadenförmigen Epithelzellen der Ambulacralrinne verlaufen. Diese Epithelzellen nannte ich Stützzellen, ihre basalen Ausläufer Stützfasern [2]); die letzteren sind die sogenannten Querfasern älterer Autoren, welche senkrecht zu der Nervenfasermasse verlaufen. Bei den Echiniden besteht das Centralnervensystem aus folgenden Elementen: der Nervenfasermasse mit den Ganglienzellen und, diesen aufliegend, Zellen, über deren Natur gestritten werden kann. Dieser Zellbelag, welcher den Hauptnervenstämmen und dem Gehirnring peripher aufliegt, wird von Frédéricq als nervös angesehen; es soll sich hier um Ganglienzellen handeln, die den Nervenfaserzügen in ähnlicher Weise aufliegen, wie es bei vielen Würmern beispielsweise der Fall ist.

Ob diese Zellen die Funktion von Ganglienzellen angenommen haben, ist mir zweifelhaft. Ihrer Herkunft nach sind es Epithelzellen, welche mit den anfänglich epithelial (im Ektoblast) gelagerten und entstandenen Nervenfasern zusammen in das Mesoderm zu liegen gekommen sind, wie ich annehme. In erster Linie funktionieren sie als Deckepithel, als Schutzbelag für die feinen Nervenfasern, wie ich schon bei den Holothurien auseinandergesetzt habe und wie mir aus einem Vergleich mit den Asteriden ziemlich sicher hervorzugehen scheint. Daß diese Zellen ein Deckepithel, eine Schutzdecke bilden, geht weiter hervor aus ihren basalen Stützfasern, welche die Nervenfasern senkrecht durchsetzen. Diese Stützfasern sind aber bei den Echiniden bisher den Forschern entgangen. Ich glaube, daß auch diejenigen, welche geneigt sind, das Deckepithel für nervöser Natur zu erklären, nach Entdeckung der Stützfasern diese Ansicht nicht mehr in vollem Umfange aufrecht erhalten können. Was aber weiter gegen die nervöse Natur dieser Zellen spricht, ist ihr Abweichen in Form

2) Vergl. Heft 2, Die Asteriden.

und Größe von den eigentlichen Nervenzellen in den Hauptstämmen und den Nervenzellen, welche an Bifurcationsstellen der Hautnervenzüge einen peripheren Belag bilden.

Die Ganglienzellen, welche in den Hauptstämmen und Gehirnring liegen, besitzen einen ovalen Kern, der sich stets heller färbt als der Kern der Deckzellen. Meist ist ein Kernkörperchen zu sehen. Die Größe der Ganglienzellen ist von der der Deckzellen verschieden. Letztere sind stets kleiner, besitzen meist einen basalen Zellfortsatz, eine direkte Fortsetzung der Zellsubstanz, welcher ein anderes Lichtbrechungsvermögen zeigt als die Nervenfasern und mit ihnen schon deshalb nichts zu thun hat, dann aber auch viel stärker ist, einen größeren Durchmesser besitzt.

Die Ganglienzellen, wie sie in den peripheren Teilen des Nervensystems vorkommen, sind von zweifacher Gestalt. Liegen sie innerhalb der Nervenfasern, der Hautnerven — ich spreche dann von Nervenzügen — so besitzen sie dieselbe Gestalt wie in den Hauptstämmen. Außer dieser Art kommen Zellen vor, die durch ihre Größe, ihren großen hellen Kern und das konstante deutliche Kernkörperchen sich auszeichnen. Diese lagern peripher auf den Nervenzügen und bilden da, wo Nervenfasern austreten von den Nervenzügen, um beispielsweise zu den Muskelfasern zu ziehen (in den Pedizellarien die Verzweigungen zwischen den Muscul. adductores, im basalen Ringnerv der Stacheln von Sphaerechin., Echinus, Centrosteph. etc.) einen Belag zwischen den von den Nervenfasern umsponnenen Muskelfasern, wie es Fig. 1, Taf. 5 zeigt. Diese Zellen messen etwa 0,007 mm, ihr kreisrunder Kern 0,002—0,003 mm. Fig. 2, Taf. 5 zeigt diese Zellen an einer Bifurcationsstelle eines Nervenzuges in einer Pedizellarie. Daß sich diese Nervenzellen weit unterscheiden von den Zellen des Deckepithels, darüber kann also kein Zweifel sein.

Wenn ich in etwas umständlicher, manchem vielleicht für überflüssig erscheinender Weise die Frage nach der Bedeutung dieser Belegzellen erörtert habe, so lag das in dem Bestreben, meiner Darstellung einen möglichsten Abschluß zu geben.

Wenn man die Echiniden direkt von den Seesternen ableiten will, so wird man bei denselben nach dem Fühler und Augenflecken homologen Organen suchen. Bekanntlich finden sich auf den Intergenitalplatten (Ocellarplatten) bei vielen Seeigeln Pigmentflecke, welche man als Augen deuten zu können glaubte, da sie an den Enden der Seesternarme homologen Stellen liegen. Wie ich oben auseinandergesetzt habe, handelt es sich um keiner-

lei an die Seestern-Augenflecke erinnernde Bildungen, sondern nur um Anhäufungen von Pigment, die bald vorhanden, bald fehlen können. Daß aber hier von Rückbildungen der Augenflecke mit einigem Recht gesprochen werden kann, folgt aus dem Vorhandensein eines, wenn auch modificierten, Fühlers bei den Echiniden [1]). Der Fühler (vergl. Fig. 2 auf Taf. 1) durchbohrt die Intergenitalplatte und kommt so teils in dieselbe, teils auf dieselbe zu liegen. Wassergefäß (ambulacrales) und ein Nervenstamm enden in demselben in gleicher Weise, wie dies bei den Seesternen der Fall ist. Ja selbst die Beweglichkeit kann man dem Echiniden-Fühler nicht gänzlich absprechen, indem er, das heißt sein auf der Platte lagernder Endteil, durch das in ihm blind endende Wassergefäß sehr gut geschwellt werden kann und auf diese Weise hervorgestülpt werden kann, wenn auch nur in beschränktem Maße. Vielleicht existieren noch heute Seeigel, bei denen es Augenflecke wie bei den Seesternen giebt, und bei denen dann die Ähnlichkeit der Fühler von beiden Gruppen eine noch größere sein würde. Dies scheint insofern allerdings zweifelhaft, als da, wo echte Sehorgane bei den Seeigeln bisher bekannt geworden sind, diese auf der Oberfläche der Schale aufgefunden wurden, wo sie, zumal in großer Anzahl, den Tieren zu besonderem Vorteil gereichen müssen [2]).

Von gleicher Bedeutung für die Frage nach der Abstammung der Asteriden von Echiniden ist eine Vergleichung ihrer blutführenden Räume, das heißt sämtlicher Schizocölbildungen.

Bei den Seesternen findet sich in der Körperwandung ein System von Lücken und Hohlräumen, die zum Teil als Perihämalräume (Ludwig) bezeichnet werden. Alle diese Lakunen und Hohlräume sind Lücken in der Bindesubstanz, Schizocölräume, wie ich dies entgegen der früheren Annahme, es handle sich um Teile des Enterocöls, nachgewiesen habe, indem ich ihre Entstehung verfolgte. In der Ventralwand verläuft je ein solcher Schizocölraum in jedem Arm. Wir finden ihn wieder bei dem Seeigel in jedem Ambulacrum, und zwar ebenfalls blind endend, hier vor der Intergenitalplatte, dort (Seestern) vor dem Fühler. Während aber

---

1) Vergl. Hamann, Vorl. Mitteilungen zur Morphologie der Echiniden, Nr. 5, in: Sitzungsberichte der medicin.-naturw. Gesellschaft zu Jena. Jahrgang 1886. Heft 2, ausgegeben Ende Oktober 1886.

2) Vergl. die Angaben von Sarasin. Zool. Anz. 1885.

beim Seestern diese fünf Räume oder Kanäle im Centrum verschmelzen zu einem Ringkanal und dieser durch den schlauchförmigen Kanal in Verbindung steht mit den Schizocölräumen in der dorsalen Körperwand, sind die Verhältnisse bei den Echiniden andere, indem sich bei ihnen ein Kauapparat — wahrscheinlich aus Wirbelplatten — entwickelt hat, und ein schlauchförmiger Kanal nur noch als Rudiment vorkommt. Ebenfalls findet sich von dem Schizocölraum-System in der Dorsalwand der Seesterne bei den Seeigeln nur ein Überbleibsel in dem schizocölen Analring, wie ich oben gezeigt habe [1]), erhalten, von dem gleiche Bildungen zu den Geschlechtsorganen führen, wie es die Seesterne zeigen. Daß alle diese Erscheinungen leicht durch die Verwachsungen bei der Entstehung eines Seeigels aus dem Seestern sich erklären lassen, liegt wohl auf der Hand, während ein umgekehrter Entstehungsmodus fast undenkbar scheint, jedenfalls weniger wahrscheinlich ist.

In den fünf Schizocölräumen (Längskanälen) der Ventralwand (Perihämalräumen Ludwig's) haben sich bei den Asteriden bekanntlich bindegewebige Scheidewände, Septen, entwickelt, in welchen es zur Bildung von wandungslosen Hohlräumen gekommen ist, den Blutlakunen.

Daß wir die ventralen Längskanäle der Asteriden bei den Echiniden wieder antreffen, habe ich bereits auseinandergesetzt.

Was wir aber bei den Echiniden (und Spatangiden) nicht wiederfinden, das sind die Septen, die Längsscheidwände der ventralen Längskanäle mit den in ihnen entwickelten Hohlräumen den eigentlichen Blutlakunen. Dies läßt sich auf folgende Weise erklären: Bei den Asteriden als den älteren Formen bleibt das Centralnervensystem im Ektoderm, also da, wo es entsteht, zeitlebens liegen, während es bei den Echiniden zu einer gewissen Zeit aus dem Ektoderm ausscheidet und in die Längskanäle rückt. Es werden bei Seeigeln die Längskanäle (also die bei den Seesternen als Perihämalräume bezeichneten Kanäle) in ihrer ganzen Ausdehnung von den fünf Ambulacral- oder Radial-Nervenstämmen durchzogen. Damit ist natürlich eine Entwickelung von Scheidewänden, Septen, unmöglich gemacht. Spricht man bei den Seesternen von Perihämalkanälen, so müßte man bei den Seeigeln von Perineuralkanälen, sprechen.

Mit dem eigentlichen Blutlakunensystem stehen diese Peri-

1) Vergl. auch meine: Vorläufige Mitteilungen zur Morphologie der Echiniden, in: Sitzungsber. d. medicin.-naturw. Gesellsch. zu Jena. Jahrgang 1886. Heft 2, ausgeg. Ende Okt. 1886.

neuralkanäle in keinerlei Zusammenhang. Der Blutlakunenring, welcher bei Seesternen um den Schlund verlief, ist bei Echiniden auf die Laterne zu liegen gekommen, und von ihm aus gehen die Lakunen zum Darm und zur Drüse.

In den Schizocölbildungen des Rückens verlaufen die Blutlakunen in derselben Weise wie bei den Asteriden in septenähnlichen Bildungen. Gleiche Bildungen zeigen weiterhin Asteriden wie Echiniden hinsichtlich der zu den Geschlechtsorganen führenden Blutlakunen.

Bei Seesternen führt zu jedem Geschlechtsorgan je ein Schizocölraum, der sich fortsetzt in Lücken der Bindesubstanz der Wandung der Organe. In jedem Schizocölraum verläuft aber weiter in dem Aufhängeband ein (nach Ludwig's Bezeichnung) Blutgefäß, welches mit dem drüsigen Organ in Zusammenhang steht. Ich sehe diese Kanälchen ebenfalls als Zuleitungsräume an für das drüsige Organ. Die Zellen in denselben werden sicher Stoffe aus den Geschlechtsorganen aufgenommen haben, die nach dem drüsigen Organ geschafft werden. Daß in den Lakunen der Wandung der Geschlechtsorgane Exkretstoffe gebildet werden, kann man leicht auf Schnitten konstatieren. Ablagerungen von Körnchen, bald bräunlicher, bald gelber Farbe, finden sich allerwärts vor. Ja, von einem Forscher ist sogar ausgesprochen worden, daß die Geschlechtsorgane in der Zeit, wo sie nicht Eier oder Sperma bilden, als Drüsen funktionieren!

Bei den Echiniden ist das anatomische Verhalten dasselbe. Auch hier gehen Schizocölräume zu den Organen und schließen die besonderen, in der Wandung gelegenen Lakunen ein. — Die Anlage der Geschlechtsorgane ist in beiden Gruppen die gleiche. Ja, die Bilder, welche von einem Echiniden das Geschlechtsorgan noch als ovales Bläschen zeigen, das in einen Hohlraum hineinragt (Schizocölraum), könnten ebenso gut von einem Seestern herrühren.

Bei Asteriden ließ sich ein Follikelepithel nachweisen. Bei Echiniden ist die erste Anlage der Eizelle aus Epithelzellen insofern nicht abweichend, als auch hier ein Anfang zur Follikelbildung gemacht ist. Dabei bleibt es freilich, und das ausgebildete Echinidenei besitzt wohl eine resistente Hülle, welche aber von der Eizelle, nicht von einem Follikelepithel gebildet worden ist.

Eine anscheinend große Verschiedenheit bildet beim Seeigelorganismus das Vorhandensein eines besonderen Kauapparates, der Laterne. Daß diese durch Umbildung und Umwandlung aus

Wirbeln des Seesternes hervorgegangen ist, scheint wahrscheinlich. Daß aber etwa aus einem mit Kauapparat versehenen Seeigel kein Seestern hervorgegangen sein kann, lehrt meiner Meinung nach mit Sicherheit die Lagerung des oralen Blutlakunenringes und des Wassergefäßringkanales. Die eigentümlichen Lagerungsverhältnisse dieser Organe bei Echiniden sind zurückzuführen auf die einfacheren und leichter verständlichen der Seesterne, bedingt eben durch die Lagerungsveränderung der Wirbel.

Eine weitere wichtige Übereinstimmung zeigt das Wassergefäßsystem. Der Steinkanal der Asteriden ist sehr kompliziert gebaut und stellt nur in der Jugend ein glattwandiges Rohr dar. Später treten schneckenartige Windungen in mannigfaltiger Form in das Lumen hervor. Bei den Echiniden bleibt der Kanal ein glattes Rohr, er zeigt keine an die bei den Seesternen vorkommenden Bildungen gemahnende Organisation. Diese Rückbildung, denn als eine solche fasse ich die Einfachheit dieses Organes bei den Echiniden auf, hängt mit der Lebensweise dieser Tiere eng zusammen. Ihre Bewegung ist in den meisten Fällen eine geringe. Die Saugfüßchen sind bei den langen Stacheln nur in bescheidener Weise thätig, und die Fortbewegung geschieht zumeist mit Hilfe der wie Stelzen gebrauchten Stacheln. Dadurch ist eine Rückbildung in den Längskanälen (Ambulacralgefäßen) des Wassergefäßes eingetreten, die Ampullen sind weniger ausgebildet und die bei Asteriden vorkommenden Ventile sind verschwunden. An ihrer Stelle versorgen der Quere nach ausgespannte Muskelfäden den Verschluß der Ampullen, natürlich nur in sehr unzureichender Weise. Die meisten der Ambulacralfüßchen sind deshalb auch wenig entwickelt, und das gilt besonders für die Spatangiden, bei denen die Rückbildung eine noch viel weiter vorgeschrittene ist, in noch größerem Maße.

Mit ein paar Worten muß ich auf das Schwinden der Körperwandmuskulatur bei Echiniden hinweisen. Bei den Seesternen habe ich in der Körperwand jedes Armes eine Rings- wie Längsmuskelschicht nachgewiesen, wie sie bei den Würmern in gleicher Weise besteht. Bei den Echiniden sind die Radien, die Arme, mit der Scheibe verschmolzen, die Kalkabscheidungen formieren ein aus zehn Plattenpaaren bestehendes Skelett, für welches Muskeln in der Körperwand unnötig geworden sind. Nehmen wir nun an, daß die Holothurien sich von Echiniden abgezweigt haben, so muß dies früh geschehen sein, das heißt, sie müssen von solchen Formen herstammen, bei denen die Muskulatur noch nicht rück-

gebildet und das Plattenskelett noch nicht in der Weise ausgebildet war, wie bei den jetzigen Echiniden es der Fall ist. Nach Ludwig's[1]) Entdeckung finden sich bei Spatangiden auf der Rückenfläche zwischen den Plattenreihen, welche über dem Periprokt gelegen sind, da, wo sie in der Mittellinie miteinander zusammenstoßen, Muskelfasern. Es ist diese Muskulatur, welche aus kurzen, millimeterlangen, glatten Muskelfasern besteht, die an ihren Enden ausgezackt sind, als das Überbleibsel der Ring- (wie Längs-) Muskulatur der Körperwand zu betrachten, wie sie die Seesterne zeigen.

Welche Bildungen hat man bei den Echinodermen als blutführende Räume zu betrachten?

Die älteren Forscher nahmen an, daß bei den Asteriden die fünf oder mehr in der Ventralfläche der Arme verlaufenden Längskanäle die Blutgefäße seien, und daß der ringförmige, den Schlund umgebende Hohlraum, welcher diese fünf oder mehr Kanäle verbindet, das Ringgefäß sei. Durch Lange und Teuscher wurde aber gezeigt, daß diese radiären oder ambulacralen Längskanäle in ganzer Länge durch ein vertikales Aufhängeband in zwei Hälften geteilt würden und daß dieses Band in seinem Centrum in ganzer Ausdehnung durch Lücken und Hohlräume durchsetzt sei. In diesen letzteren erkannten sie die echten Blutgefäße, oder besser Blutlakunen. Daß die Verhältnisse für die dorsale Körperwand die gleichen seien und daß auch hier die eigentlichen Blutlakunen (der anale Blutlakunenring und die zu den Geschlechtsorganen führenden Lakunen) in solchen Kanälen liegen, hat Ludwig gezeigt und für die Kanäle den Namen Perihämalkanäle vorgeschlagen. Dabei nahm dieser Forscher aber an, daß die Perihämalkanäle mit der Leibeshöhle, dem Enterocöl, in Verbidung ständen. Ich habe gezeigt, indem ich die Entstehung dieser Hohlräume sowie die der ventralen Blutlakunen nachwies, daß Perihämalräume sowie Blutlakunen der Septen oder Aufhängebänder Schizocölbildungen seien, also homologe Bildungen. Das Gleiche gilt für das von Greeff entdeckte Hohlraumsystem in der Cutis der Bindesubstanz der Dorsalwand. Diese Hohlräume

---

1) Ludwig, Über bewegliche Schalenplatten bei Echinoideen, in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 29.

stehen in Verbindung mit den Perihämalräumen und dem sog. schlauchförmigen Kanal.

Fassen wir dies zusammen, so haben wir bei den Asteriden eine Reihe von Schizocölbildungen, zu denen die fünf oder mehr ventralen Radiärkanäle (Perihämalräume) gehören und weiter die in Septen verlaufenden Blutlakunen, ebenfalls Schizocölräume.

Was finden wir von diesen beiden Hohlraumsystemen bei den Echiniden wieder?

Bei den regulären Echiniden treffen wir die fünf Längskanäle an, in welche die fünf ambulacralen oder radiären Nervenstämme zu liegen gekommen sind. Weiter finden wir einen den Ringnerven an seiner einen Fläche umhüllenden Hohlraum an, ein Homologon des ringförmigen Perihämalraums der Asteriden. Außerdem ist ein analer ringförmiger Schizocölraum zu verzeichnen mit Hohlräumen, die zu den Geschlechtsorganen ziehen. Diese sind die alleinigen Überbleibsel des großen dorsalen Kanalsystems der Asteriden. In der Wandung derselben, d. h. des analen Schizocölraumes und teils in diesen hineinragend, liegt der anale Blutlakunenring (vergl. Fig. 3, Taf. 11) und in den zu den Geschlechtsorganen ziehenden Räumen die Blutlakunen. Mithin sind für die Dorsalseite der Echiniden die gleichen Verhältnisse vorhanden wie bei den Asteriden. Man kann auch hier von Perihämalräumen sprechen. Durch die Entstehung des Kauapparates, durch die Lagerung der fünf radiären Nervenstämme, welche ihre epitheliale Lagerung aufgegeben haben und in die schizocölen Längskanäle gerückt sind, ist das abweichende Verhalten der Ventralfläche zu erklären. Es sind die Septen mit den Blutlakunen (in den Längskanälen) in Wegfall gekommen, also die eigentlichen radiären Blutlakunen der Asteriden. Dafür hat sich aber auf der Laterne ein periösophagealer Blutlakunenring entwickelt, von dem aus die Blutlakunen wie bei Asteriden zur Drüse, Darm u. s. w. ziehen.

Bei den Spatangiden, die ja mit voller Sicherheit von den Echiniden abzuleiten sind, liegen diese Verhältnisse folgendermaßen. Der Kauapparat ist verschwunden und mit ihm der periösophageale auf letzterem gelegene Blutlakunenring. In den fünf Längskanälen (Perihämalkanäle), die in einen ringförmigen um den Schlund gelegenen Ringkanal münden, liegen die (radiären) ambulacralen Nervenstämme und der circumorale Nervenring, wie bei den regulären Formen. Es münden aber die Blutlakunen (dorsale wie ventrale) des Schlundes in diesen Schizocölringkanal.

Es ist dieser somit bei den Spatangiden als Blutlakunenring zu bezeichnen und die fünf von ihm abgehenden Längskanäle als die fünf ambulacralen Blutlakunen. Somit ist bei den Spatangiden eine Verschmelzung zwischen den bei Asteriden getrennten Hohlraumsystemen eingetreten. Auf der Dorsalseite verlaufen die Blutlakunen in der Wandung des Schizocölsinus, wie ich oben zum ersten Male genau gezeigt habe. Es stimmen diese Formen hierin also überein mit den Regulären und den Asteriden.

Betrachten wir die Holothurien. Bei Synapta findet sich ein in der Wandung des Wassergefäßringkanales verlaufender Blutlakunenring von sehr schwacher Bildung. Von diesem gehen aus Blutlakunen zu den Tentakelkanälen. In den fünf Ambulacren verläuft gar kein Schizocölraum bei dieser Gattung. Bei den ursprünglichere Verhältnisse zeigenden füßchentragenden Holothurien finden wir aber die fünf radiären ambulacralen Schizocölräume wieder. Hier kann man sie als Blutlakunen mit Recht bezeichnen.

Bei den Crinoiden treffen wir radiäre Längskanäle an, welche, wie ich demnächst nachzuweisen gedenke, ebenfalls Schizocölbildungen sind und von Ludwig als die radiären Blutgefäße bezeichnet wurden, und zwar mit Recht. Greeff und Ludwig erklärten dieselben als homolog mit den radiären Längskanälen (Perihämalräumen Ludwig's) der Asteriden. Später hat Ludwig [1]) diese seine Ansicht zurückgenommen, weil er meint, daß die Längskanäle der Asteriden nicht selbst Blutlakunen seien, sondern diese in den Septen lägen, mithin Blutlakunen der Asteriden und Crinoiden ganz verschiedene Bildungen seien. Eine Begründung fand dieser Ausspruch darin, daß Ludwig die Längskanäle für Enterocölbildungen hielt. Wenn Ludwig dann weiter sagt: Bei den Crinoiden sind noch keine Perihämalräume zur Ausbildung gelangt, weder im Umkreis des oralen Blutgefäßringes noch der radiären Blutgefäße, so ist folgendes zu entgegnen: Die radiären sog. Blutgefäße der Crinoiden und ihr oraler Blutgefäßring sind nichts anderes als die radiären Längskanäle (Perihämalräume) der Asteriden und ihr oraler Ringkanal. Während aber bei den Asteriden in Septen noch besondere Lakunen, die eigentlichen Blutlakunen, zur Ausbildung gelangt sind, fehlen die Septen den Crinoiden. Die Blutflüssigkeit bewegt sich, wie es bei

1) pag. 178 in Band 1 seiner Morpholog. Studien, Beiträge zur Anatomie der Asteriden.

Spatangiden und Holothurien teilweise der Fall ist, in den Längskanälen.

Außerdem besitzen die Crinoiden noch weitere radiäre Schizocölkanäle (homolog den dorsalen Räumen der übrigen Echinodermen), und in diesen, in Septen, Blutlakunen, was später ausführlich gezeigt werden wird.

Fassen wir alle diese Verhältnisse übersichtlich zusammen, so ergiebt sich, daß zwischen echten Blutlakunen, in Septen gelegen, welche in den radiären Schizocölräumen aufgespannt sind, und letzteren selbst kein durchgreifender Unterschied besteht. Beide Bildungen sind Schizocölbildungen und entstehen als Lücken und Hohlräume in der Bindesubstanz. Dazu kommt noch, daß der junge etwa einen Centimeter große Asterias in seinen Septen der Ventralseite noch gar keine Hohlräume hat, daß vielmehr hier die Längskanäle (Perihämalräume) als blutführende Räume fungieren müssen. Wenn wir bei den Echinodermen künftig von dem Blutlakunensystem sprechen, so wird es nicht mehr angehen, nur bei einer Gruppe diese, bei einer andern jene Bildungen als Blutgefäße zu bezeichnen, sondern es wird zu zeigen sein, wie bald dieser, bald jener Teil der Schizocölbildungen die echte Blutflüssigkeit führt und mit den Darmlakunen in Verbindung steht.

Wir haben also zwei verschiedene Schizocölbildungen, zwei Hohlraumsysteme vor uns, welche anfänglich (Asteriden) nebeneinander getrennt liegen, dann aber teilweise in Kommunikation treten können. Folgende Tabelle bringt diese Schizocölbildungen zur übersichtlichen Darstellung.

(Siehe Tabelle auf Seite 161).

Zusammenfassung der Resultate, zugleich eine Darstellung der Hauptverhältnisse des anatomischen Baues der Seeigel.

Indem ich im folgenden eine Schilderung des anatomischen und histologischen Baues eines Seeigels geben will, ziehe ich nur die Hauptresultate, welche mir von Wichtigkeit für das Verständnis des Seeigelkörpers zu sein scheinen, heran. Dabei berücksichtige ich die Skelettverhältnisse überhaupt nicht, da dieselben ja hinreichend bekannt und erforscht sind, vornehmlich durch die Arbeiten Lovén's sowie anderer Forscher.

Bei den Holothurien, welche jeglicher Stacheln oder ähnlicher Gebilde entbehren, konnte ich in der Haut gelegene Sinnesorgane

Asteriden besitzen:	Fünf oder mehr radiäre (ambulacrale) Längskanäle (sog. Perihämalkan.) i. d. Ventralwand der Arme und oraler Ringkanal.	In den Septen der Längskanäle gelegene Blutlakunen und oraler Blutlakunenring.	Am Scheitelpol in Septen d. dorsalen Schizocölräume, Blutlakunen.
Echiniden:	vorhanden (als Neuralkanäle)	fehlen, periösoph. Blutlakunenring auf d. Laterne ohne Beziehg. zu den Längskanälen. Darmlakunen münden in dens.	vorhanden,
Spatangiden:	vorhanden, der orale Ringkanal ist in Verbindung getreten mit d. Darmlakunen!	fehlen, Blutlakunenring ausgefallen.	vorhanden,
Crinoiden:	vorhanden, der orale Ringkanal mit den Darmlakunen in Verbindung.	fehlen,	vorhanden, (liegen teilweise in den Armen)
Holothurien p.:	vorhanden, der orale Ringkanal mit den Darmlakunen in Verbindung	fehlen,	fehlen,

beschreiben. Bei den Seeigeln sind dieselben fast alle (mit Ausnahme der Fühler) auf gestielte Organe, auf die Pedizellarien versetzt. Damit ist ihnen erst eine Wirksamkeit gesichert, welche die Sinnesorgane auf der Haut wegen der oft sehr langen Stacheln nicht entwickeln könnten.

An den Pedizellarien mit ihren dreiklappigen Zangen, deren Mechanismus ich ausführlich geschildert habe, waren bisher nur an einer Form, den sogenannten gemmiformen Pedizellarien, vermutliche Sinnesorgane von Sladen beobachtet worden, ohne daß es diesem Forscher, sowie Koehler gelungen wäre, Nervenendigungen nachzuweisen.

Allen Pedizellarien, gemmiformen, tridactylen und trifoliaten, kommen exquisite Sinnesorgane zu. Besondere, oft kompliziert gebaute Tasthügel finden sich auf der Innenseite der Greifzangen. Diese sind mit starren Borsten besetzt. Nervenäste ziehen zu diesen Tasthügeln. Im allgemeinen wurden drei Nervenzüge, aus feinsten Nervenfasern und Ganglienzellen gebildet, beobachtet, welche in den Kopfteil eintreten und während jeder zahlreiche seitliche Äste zur Muskulatur, Sinnesepithel etc. abgiebt, bis zur Spitze jeder Greifzange verfolgt werden konnten. Von besonderer Wichtigkeit beim Erfassen von irgendwelchen Gegenständen sind die Drüsensäcke in der Wandung der Pedizellarien. Ob dieselben auf kleinere Tiere, wie Würmer, eine lähmende Wirkung ausüben können, ist noch zu untersuchen.

An diese Organe schlossen sich die Globiferen an, neu entdeckte Organe, welche als Waffen dienen. Sie fanden sich nur bei wenigen Gattungen vor. Als weitere Anhangsorgane der Haut sind dann die merkwürdigen Sphäridien Lovén's zu erwähnen. An ihrer Basis konnte ein Nervenring gefunden werden vom selben Bau, wie er auch an den Stacheln entdeckt wurde. Von diesem basalen Nervenring, der sich äußerlich durch ein verdicktes Epithel, einen Epithelwulst, ankündigt, gehen Nervenfasern einmal zur Muskulatur, ein andermal bis zur Spitze des Stachels in den 4, 5 oder mehr langen Wimperstreifen verlaufend. Zwischen den Saumlinien oder Semiten der Spatangiden fanden sich ähnliche Nervenbildungen vor. Nur ist hier die Nervenfaserschicht, welche epithelial gelagert ist, im ganzen Rückenepithel, besonders dieser Saumlinien, überhaupt stärker entwickelt.

In den Ambulacralfüßchen, besonders den eigentümlichen pinselförmigen Füßchen der Spatangiden wurden Nervenendigungen beobachtet. Der komplizierte Bau, der in der Saugplatte eines Füßchens von einem regulären Seeigel sich findet, kann nur unter Hinweis auf die Abbildungen geschildert werden.

Im Epithel, der Epidermis, welche alle äußeren Organe überzieht, finden sich aller Orten Nervenfasern vor. Sie sind sämtlich epithelial gelagert oder nur teilweise. Dann verlaufen

dieselben subepithelial in der Bindesubstanzschicht, der Cutis. Die Körperwand eines Seeigels setzt sich bekanntlich zusammen aus dem äußeren Epithel, der Cutis mit den Kalkplatten oder einzelnen Kalkkörpern, so zum Beispiel in der Mundscheibe, oder auch auf dem Scheitelpol (bei Centrostephanus longispinus). In der Körperwand, und zwar in der Mitte der paarigen sogenannten Ambulacralplatten verlaufen fünf Längskanäle. Sie beginnen am Scheitelpol unterhalb der fünf Intergenital- (Ocellar-)platten und ziehen bis zur Laterne, dem Kauapparat. Es sind Schizocölbildungen, Längskanäle, in der Bindesubstanzschicht. In dieselben sind die fünf Ambulacral- (oder Radial-) Nervenstämme hineingerückt, welche bei den Seesternen noch im Ektoderm lagern. Diese Nervenstämme enden in den Intergenitalplatten einerseits, anderseits treten sie in die Laterne ein und bilden einen Nervenring, der an einer Seite von einer Fortsetzung der Längskanäle umhüllt wird. In der Intergenitalplatte und auf derselben liegt ein rudimentärer Fühler ohne jede Sehfleckbildung. Die Nervenstämme bestehen aus feinsten Nervenfasern und Ganglienzellen und einem Zellbelag, welcher sich teilweise aus Stützzellen zusammensetzt. Es ist dieses Epithel als homolog anzusehen dem Ambulacralrinnen-Epithel der Asteriden, indem nicht die Nervenmasse allein, sondern das ganze Epithel in das Mesoderm zu lagern gekommen ist, wie bei den Holothurien.

Vom Nerven- oder Gehirnring gehen zum Schlund Nervenzüge ab, welche sich im ganzen Verlauf des Darmtractus verfolgen lassen. Parallel mit den Ambulacralnervenstämmen verlaufen die fünf Ambulacralwassergefäße. Sie enden blind in den Intergenitalplatten, während sie auf dem Kauapparat auf dessen Außenseite heraufsteigen und in den Wassergefäßring eintreten, welcher auf der Oberfläche des Kauapparates (der Laterne) liegt und den Schlund umkreist. Von diesem Wassergefäßring nimmt der Steinkanal seinen Ursprung, steigt senkrecht in die Höhe, durchsetzt die Leibeshöhle und mündet durch die Poren der Madreporenplatte nach außen. Letztere besitzen keine Einrichtung, um verschlossen werden zu können. Sie sind vielmehr fortwährend geöffnet für Ein- und Austritt des Seewassers einerseits, der Inhaltsflüssigkeit des Wassergefäßsystems andererseits.

Die blutführenden Räume bestehen aus folgenden Teilen. Einmal die fünf Längskanäle und der ringförmig verlaufende, den Nervenring umhüllende Raum. Diese Gebilde haben bei den Echiniden nichts zu thun mit den echten Blutlakunen.

Diese letzteren entspringen aus dem Blutlakunenring, welcher auf der Oberfläche der Laterne liegt als ventrale und dorsale Darmlakune. Von der dorsalen Darmlakune zweigen sich Äste ab, ziehen zum drüsigen Organ (dem sog. Herz früherer Autoren), und umspinnen dasselbe. Am Endteil desselben — es reicht bis in die Körperwand, und zwar bis in den Schizocölsinus des Afterpoles — stehen Lakunen des analen Blutlakunenringes mit diesem Organ in Verbindung. Dieser Lakunenring verläuft in einem ringförmigen, den After umkreisenden Schizocölsinus, teils in diesen hervorragend, teils in seiner Wandung. Blutlakunen gehen von ihm ab zu den Geschlechtsorganen.

Eigentümliche Organe sind die fünf auf der Oberfläche der Laterne gelagerten bläschenförmigen, gelappten Gebilde, früher als Polische Blasen beschrieben. In dieselben führt vom Wassergefäßring ein Kanal, der in die Hohlräume derselben mündet, während in der bindegewebigen Wandung Blutflüssigkeit in Lakunen sich bewegt, welche in direktem Zusammenhang mit dem Blutlakunenring stehen.

Bei den Spatangiden sind die fünf Längskanäle und ein mit ihnen kommunizierender Schlundsinus vorhanden. Der echte Blutlakunenring ist jedoch mit der Laterne verschwunden, und es mündet die dorsale wie ventrale Darmlakune in diesen Schlundsinus, in welchem der Nervenring gelagert ist und welcher als Blutlakunenring bezeichnet wurde. Die dorsale Lakune jedoch verläuft neben einem Darmwassergefäß, welch' letzteres aus dem Ringkanal, der ebenfalls die Mundöffnung koncentrisch umgiebt, entspringt. Dieses Wassergefäß und die Darmlakune kommunizieren in ihrem weiteren Verlaufe miteinander und ziehen an der Drüse entlang, bis der echte Steinkanal, von der Madreporenplatte herkommend, in das durch die Verschmelzung entstandene Gefäßgeflecht eintritt.

Damit ist ein Zusammenhang zwischen dem Wassergefäßsystem und dem Blutlakunensystem, also Hohlräumen entodermalen und schizocölen Ursprungs, gegeben, wie er sich sonst bei keiner anderen Gruppe der Echinodermen findet. Daß dies Verhalten das sekundäre ist, können wir mit größter Bestimmtheit behaupten, da ja die Spatangiden paläontologisch die jüngsten Formen sind.

Ein merkwürdiges Organ ist die „ovoide Drüse", das früher als Herz bezeichnete Gebilde. Soweit man nach den vorhandenen Resultaten zu urteilen berechtigt ist, darf man es als ein Organ auffassen, in welchem die nicht mehr für den Körper brauchbaren

Stoffe abgelagert werden. Blutlakunen münden an den Enden in dasselbe oder aber umspinnen es, wie bei den Echiniden. Ein Ausführgang ist bis jetzt noch bei keiner Gruppe gefunden worden.

Von besonderem Interesse ist die Entstehung der Geschlechtsprodukte, welche aus Urkeimzellen, wie ich diese Zelle zu nennen vorschlug, entstehen. Sie liegen in der Rückenwand in einer ringförmig verlaufenden Genitalröhre, an welcher fünf Aussackungen entstehen, in die die Urkeimzellen einwandern. Diese Aussackungen bilden die erste Anlage der Geschlechtsschläuche. Aus den Urkeimzellen gehen durch Wachstum u. s. w. die Eizellen, durch Teilung u. s. w. die Spermazellen hervor, sowie das gesamte, die Hohlräume der Geschlechtsorgane später auskleidende Epithel.

An erwachsenen Tieren sind diese Genitalröhren atrophiert. Inwiefern bei allen Echinodermen eine gleiche Entstehung der Geschlechtsprodukte aus solchen Urkeimzellen stattfindet, zeige ich demnächst am anderen Ort. (Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Band 46, Heft 1).

Erklärung der Abbildungen.

In allen Figuren bedeuten:

bg Bindesubstanz;
blf Blutflüssigkeit;
c Cuticula;
dr Drüsenzellen;
ep Körperepithel;
esz Sinneszellen;
gz Ganglienzellen;
em Längsmuskelfasern;
m, *mf* Muskelfasern;
mk Muskelkerne;
n, *nf* Nervenfasern;
pz Pigmentzellen;
rm Ringmuskelfasern;
ABR analer Blutlakunenring;
BL Blutlakunen;
BLR Blutlakunenring;
Dep Deckepithel;
Dr Drüse;
Drz Drüsenzellen;
DD Dünndarm;
GR Gehirnring;
Go Geschlechtsorgan;
Kst Kalkstab;
HN Hautnervenzüge;
L Ligament;
M, M^1 M^2 Aufhängebänder des Darmes;
ND Nebendarm;
N, N^1, N^2, *n* Nervenzüge;
RN radialer Nervenstamm;
St-K Steinkanal;
WGR Wassergefäßring;
RW, *WG* radiales Wassergefäß;
Sch^1, Sch^2, *Sch* Schizocoelräume.

Tafel 1.

Fig. 1. Längsschnitt durch das Centrum des Körpers eines Echinus acutus (vom Durchmesser 1 cm). Der Schnitt führt links durch ein Ambulacrum, um den Verlauf eines ambulacralen (radialen) Nervenstammes *RN*, eines ambulacralen Wassergefäßes *RW* zu zeigen, welches vom Wassergefäßring *WGR*, welcher der Laterne aufliegt, entspringt und außen an letzterer herabläuft. Mit *GR* ist der Nervenring oder Gehirnring bezeichnet, welcher um den Schlund zieht und im Inneren der Laterne liegt. In der Leibeshöhle trifft man den Dünndarm mit dem Nebendarm durchquert. Mit *GO* ist die Geschlechtsorgan-Anlage bezeichnet.

Fig. 2. Vertikalschnitt durch die entkalkte Intergenitalplatte (Ocellarplatte) eines jungen Echinus acutus, um den Fühler zu zeigen, sowie die Endigungen eines ambulacralen Wassergefäßes *RW*. Sch^1 und Sch^2 der Schizocölkanal, in welchem der ambulacrale Nervenstamm liegt, gez. bei Zeiss D. oc. 3. Durchm. des Echinus acutus 0,7 mm.

Fig. 3. Längsschnitt durch den Gehirnring eines Sphaerechinus granularis. *Dep* Deckepithel. *nf* die Nervenfasermasse mit den Ganglienzellen *gz*. Die Fortsätze der Deckepithelzellen durchziehen die Nervenfasern senkrecht. *hm* hyaline Membran. F. oc. 2.

Fig. 4. Innenansicht der Analregon eines Echinus microtuberculatus. *R* Rectum; *AG* Ausführgang der Geschlechtsorgane; *RN* ambulacrale Nervenstämme; *SchR* + *ABR* schizocöler Ringsinus (oder analer Perihämalraum) mit dem analen Blutlakunenring; *Amp* Ampullen; Lupenvergrößerung.

Fig. 5. Vertikalschnitt durch die Analgegend eines Echinus granularis, um den querdurchschnittenen analen Blutlakunenring *ABR* zu zeigen. Ergänzt man sich die Figur nach links hin, dann würde sich die rechte Hälfte wiederholt zeigen.

Fig. 6. Vertikalschnitt durch die Genitalplatte eines jungen Seeigels. (Sphaerechinus?) Von dem analen Blutlakunenring *ABR* gehen Lakunen ab in die Wandung des Ausführganges *Ov* des Geschlechtsorganes. *SchR* schizocöler Ringsinus, in dessen Wandung der Lakunenring verläuft.

Fig. 7. Vertikalschnitt durch eine Geschlechtsorgananlage von Sphaerechinus granularis. *K* Keimzellen. D. oc. 3.

Fig. 8. Gleicher Schnitt durch ein weiter vorgeschrittenes Stadium von Echinus acutus (Durchm. 0,7 mm). D. oc. 3.

Fig. 9. Längsschnitt durch einen Nervenast, welcher vom ambulacralen Hauptnervenstamm sich abzweigt und zur Haut zieht. F. oc. 3. Sphaerechin. granul.

Tafel 2.

Fig. 1. Längsschnitt durch eine gemmiforme Pedizellarie von Sphaerechin. granular. *TH* Sinnesorgane, Tasthügel; *Dr* Drüsen in den Greifzangen; *rm* circuläre Muskelfaserschicht; *nf* Nervenzüge; *DB* basale Drüsen mit Öffnungen *O*; *Kst* Kalkstab. *M.flex.* Beugemuskeln; *M.add.* Greifmuskeln. D. oc. 1.

Fig. 2. Vertikalschnitt durch einen Tasthügel, ebendaher. F. oc. 3.

Fig. 3. Drüsenzellen aus der Wandung der Greifzangendrüsen. Sphaerechin. granul. Cons. Chrom-Osm.-Essigs. F. oc. 3.

Fig. 4. Querschnitt durch die Spitze einer gemmiformen Pedizellarie. *S* Drüsensekret. *K* Kalkspitze, oberhalb derselben mündet der Ausführgang der Drüse vgl. die nächste Figur D. oc. 2.

Fig. 5. Längsschnitt durch das Ende einer Greifzange (Pedic. gemmiform.), ebendaher. *K* Kalkspitze. *Dr* Drüsen-Ausführgang. *O* Mündung desselben. Sphaerechin. granul.

Fig. 6. Innenansicht einer Pedizellarie von der Mundfläche von Dorocidaris papillata, lebend. *Dr* Drüsenschläuche.

Fig. 7. Ende einer Pedizellarie mit der Mündung der Drüsenschläuche. *K* Kalkskelett, ebendaher.

Fig. 8. Seitenansicht derselben. *O* Mündung der Schläuche oberhalb des Kalkhakens. *flh* Flimmerhaare des Epithels, ebendaher.

Fig. 9. Innere Ansicht der drei auseinander geklappten Greifzangen einer Pedizellarie von einem jungen Echinus (wahrscheinlich Toxopneustes lividus); in jeder Greifzange zwei Drüsensäckchen. *W* lange Wimperhaare an den Enden der Zangen.

Fig. 10. Schnitt durch ein Drüsensäckchen. Hämatoxyl. cons. in Chrom-Osm.-Essigs. *a*, *b*, *c* verschiedene Drüsenzellen in verschied. Zuständen der Sekretabsonderung, ebendaher.

Fig. 11. Muskelfasern von Spatangus purp. aus einem Stachel. a) cons. 70% Alk. in Pikrokarmin untersucht, b) c) Zerzupfungspräparate.

Tafel 3.

Fig. 1. Quergestreifte Muskelfasern von Echinus acutus, lebend. Zeiss Ölimm. $^1/_{12}$ oc. 3.

Fig. 2. Quergestreifte Muskelfasern von Centrostephanus longispinus frisch untersucht. F. oc. 2.

Fig. 3. Quergestr. Muskelfaser in Pikrokarmin untersucht. Centrostephanus longispinus. *S* Sarkolemm. $^1/_{12}$ Ölimm. oc. 3.

Fig. 4. Muskelfasern von Echinus acutus (zerzupft in Ranvier's Alkohol.) mit zerfaserten Enden. Zeiss Ölimm. oc. 3.

Fig. 5. Längsschnitt durch den Kopf und oberen Teil des Stieles einer tridactylen Pedizellarie. Centrosteph. longisp. *M.add.*

Greifmuskel; *M. extens.* Öffnungsmuskel; *M. flexores* Beugemuskel. *L* Ligament. D. oc. 1.

Fig. 6. Längsschnitt durch eine tridactyle Pedizellarie von Centrostephanus longispinus. *N*, N^1 Nervenzüge; *SE* Sinnesepithel. A. oc. 3.

Fig. 7. Längsschnitt durch eine Pedizellarie von der Mundscheibe (u. d. Schale) von Echin. microtubercul. A. oc. 4.

Fig. 8. Teil eines Schnittes durch das Epithel der Innenseite einer Greifzange einer buccalen Pedizellarie von Sphaerech. granular., um die Endigung eines Nervenzuges am Epithel zu zeigen. D. oc. 3.

Fig. 9. Querschnitt durch eine gemmiforme Pedizellarie in der Höhe der drei Tasthügel *TH*, Strongylocentrotus lividus. *quN*, quer durchschnittener Nervenzug. D. oc. 3.

Fig. 10. Seitenansicht einer lebenden gemmiformen Pedizellarie von Strongylocentrotus lividus. *pz* Pigmentzellen; *Dr* Drüse der Greifzange.

Fig. 11. Teil eines Querschnittes durch den Stiel einer gemmiformen Pedizellarie von Echin. acutus. *esz* Epithelsinneszellen; *N* durchquerter Nervenzug in der Bindesubstanz; in der Mitte das Ligament von longitudinalen Muskelfasern *lm* umgeben. F. oc. 1.

Fig. 12. Frei präparierter Ambulacral-Nervenstamm mit den seitlich abgehenden Nervenästen, welche zur Haut usw. ziehen. Die Deckepithelzellen sind teilweise abgepinselt. Starke Lupenvergrößerung. Sphaerechin. granular.

Tafel 4.

Fig. 1. Globifere von Centrostephanus longispinus, lebend. A. oc. 1.

Fig. 2. Pedizellarie mit Drüsensäckchen am Stiel. *pz* Pigmentzellen, lebend, ebendaher. A. oc. 1.

Fig. 3. Globifere mit langem Stiel, ebendaher.

Fig. 4. Pedizellarie mit Drüsensäckchen am Stiel, ebendaher. A. oc. 1.

Fig. 5. Globifere von Sphaerechinus granularis, lebend. Aus der Öffnung einer der drei Drüsenkugeln ist das Sekret hervorgetreten. A. oc. 1.

Fig. 6. Globifere frisch untersucht in Seewasser; durch Druck des Deckglases ist das Sekret aus einer der Drüsensäcke hervorgequollen. A. oc. 1.

Fig. 7. Gelbe Pigmentzelle von einer Globifere von Centrosteph. longispin. D. oc. 2.

Fig. 8. Rote und gelbe Pigmentzelle, ebendaher, contrahirt.

Fig. 9. Globifere von Sphaerech. granul. von oben gesehen. Drei Sekretpfropfen treten zu den Öffnungen hervor. Lupenvergr.

Fig. 10. Oberflächenansicht des Epithels einer Globifere von Centrosteph. longispin. F. oc. 2.

Fig. 11. Flächenansicht des Stieles einer Globifere von Sphaerechin. granularis. *kk* sichelförmige Kalkkörper. *pz* Pigmentzellen. D. oc. 2.

Fig. 12. Längsschnitt durch die Drüsensäcke einer Globifere von Centrosteph. longispin. *Drz* Drüsenzellen. 2 Drüsensäcke sind durchschnitten. A. oc. 4.
Fig. 13. Innenzellen eines Drüsensackes, ebendaher. D. oc. 3.
Fig. 14. Isolierte Zellen, ebendaher. D. oc. 3.
Fig. 15. Schnitt durch die Wandung einer Globiferendrüse von Centrostephan. longispin. F. oc. 3.
Fig. 16. Sekrettropfen aus der Drüse von Sphaerech. gran. F. oc. 3.
Fig. 17. Schnitt durch die Wandung einer Globifere mit der Sekretmasse. Sphaerech. gran. F. oc. 3.
Fig. 18. Verkleinerter Teil eines Drüsenballens, ebendaher. D. oc. 3.

Tafel 5.

Fig. 1. Längsschnitt durch eine Greifzange einer gemmiformen Pedizellarie von Echinus acutus. *TH*, *TH*[1] die beiden Tasthügel. *Sg* Sinnesorgan; *N*, *n*, Nervenzüge. A. oc. 3.
Fig. 2. Teil eines Nervenzuges, ebendaher. Gabelungsstelle (siehe Text). *gz* Ganglienzellen, *bgz* bipolare, *mgz* multipolare Ganglienzellen. Zeiss, $^1/_{12}$ Ölimm. oc. 3.
Fig. 3. Zellen aus einem Drüsensacke der gemmif. Pedizellarie, Echin. acutus. $^1/_{12}$ Ölimm. oc. 3.
Fig. 4. Längsschnitt durch einen basalen Tasthügel mit den hinzutretenden Nervenzügen, ebendaher. D. oc. 2.
Fig. 5. Epithel von der Innenseite der Greifzange einer gemmif. Pedizellarie von Echin. acutus. Hämatoxylinfärbung nach Heidenhain. Ölimm. $^1/_{12}$ oc. 3.
Fig. 6. Endigung eines Nerven im Epithel einer Pedizellarie von Echinus acutus in *Sg in* Figur 1.
Fig. 7. Muskelfasern vom Interpyramidalmuskel eines Sphaerech. granularis. D. oc. 2.
Fig. 8. Stärker vergrößert dieselben glatten Muskelfasern. F. oc. 3.
Fig. 9. Querschnitt von fünf solchen glatten Muskelbändern.
Fig. 10. In Flemming's Lösung isolierte glatte Muskelfasern von Dorocidaris papillata. F. oc. 3.
Fig. 11. Bindegewebe aus einer Pedizellarie von Sphaerech. granul. F. oc. 3.
Fig. 12. Epithel eines Stachels, ebendaher, lebend.

Tafel 6.

Fig. 1. Ganglienzellen mit feinsten Ausläufern zwischen Muskelfasern gelagert, von einem vertikalen Tangentialschnitt durch die Basis eines Stachels (Gelenkteil). Strongylocentrotus lividus Durchm. 0,8 mm. F. oc. 2.
Fig. 2. Längsschnitt durch den basalen Teil eines Stachels sowie durch die benachbarte Körperwand. *lm* Längsmuskeln von der cirkulären Muskelschicht der Gelenkfläche. *bg* die darunter liegende aus Fasern bestehende Gelenkhaut. *kst* Kalkskelett des Stachels. Mit *HN* ist der Nervenzug bezeichnet, welcher

vom Ambulacral-Nervenstamm kommt und teilweise zum Füßchen zieht. *FH* der zu einem Füßchen ziehende Zweig, *N* der sich von diesem trennende Hautnerv, welcher Nervenfasern abgiebt, welche zum Stachel ziehen, und den basalen Ringnerven bildet *quN*. Strongylocentrot. livid. Durchm. 0,8 mm; entkalktes Präparat.

Fig. 3. Querschnitt durch die Basis eines Stachels in der Höhe des Ringnerven. Dieser ist in seiner ungefähren Mitte durchschnitten; *nf* seine Nervenfasern. *qulm* durchquerte Muskelschicht, entkalktes Präparat.

Fig. 4. Stachel von Dorocidaris papillata. Lupenvergrößerung. *dr* die Drüsenzellen.

Fig. 5. Lebendes Epithel von Dorocid. pap., ebendaher, die großen schlauchförmigen Drüsen zu erkennen. D. oc. 4.

Fig. 6. Isolierte Drüsenzelle mit Wimperbüschel, isoliert in Drittelalkohol, untersucht in Glycerin. F. oc. 3.

Fig. 7. Epithelzellen (Sinneszellen?), wie sie zwischen den Drüsenzellen vorkommen, ebendaher. Drittelalk. wie vorher. F. oc. 3.

Fig. 8. Von einem Längsschnitt durch die Basis eines Drüsenstachels von Dorocid. papill. Die fadenförmigen Zellen zwischen den Drüsenzellen. *N* Hautnervenzug. D. oc. 3.

Fig. 9. Retikuläre Bindesubstanz aus der Körperwand eines Strongylocentrotus. D. oc. 3.

Fig. 10. Muskelfaser *mf* und Bindesubstanzfasern *bgf* aus der Gelenkhülle eines Stachels (in Fig. 2 mit *bg* bezeichnet). *bgz* sternförmige Bindesubstanzzellen der Körperwand in Verbindung mit letzteren. Das Kalkskelett ist entfernt. Die sternf. Zellen liegen in Höhlen und Löchern desselben. F. oc. 2.

Fig. 11. Vertikalschnitt durch die Rückenwand eines Echinocardium mediterraneum. (Saumlinie.) *N* Hautnervenzug. *K* Stacheln. *nf* durchquerte Nervenfasern. D. oc. 3.

Fig. 12. Längsschnitt durch die Wandung einer Ambulacralkieme. *kz* die Körnerzellen. Echinus acutus. D. oc. 3.

Fig. 13. Ein Stück der Wandung derselben vom Ende einer Kieme, ebendaher.

Fig. 14. Eine Körnerzelle, ebendaher. F. oc. 3.

Fig. 15. Bindesubstanz von Centrosteph. longispin. aus einem der fünf Schlundbänder. D. oc. 3.

Fig. 16. Schnitt durch ein Ovarium eines jungen 2 cm großen Toxopneustes. *O* Eizelle.

Fig. 17. Aus einer in der Entwicklung begriffenen Pedizellarie der Musc. adductor. Sphaerech. granular. vom Durchm. 1 cm.

Fig. 18. Zellen aus dem Wassergefäßsystem eines Centrosteph. longisp. (Saugfüßchen-Inhalt.) Flemm. Gem. $^1/_{12}$ Ölimm.

Tafel 7.

Fig. 1. Querschnitt durch den Nebendarm *ND*, den Dünndarm *DD* und die ventrale Blutlakune *VBL*; *M* Mesenterium, *blf* Blutflüssigkeit. Sphaerech. gr. D. oc. 2.

Fig. 2. Längsschnitt durch Magen *MD* und Schlund *Sch*, sowie die ventrale Blutlakune *VBL* und dorsale Blutlakune *DBL*. Beide sind prall angefüllt mit Blutflüssigkeit. *quBLR* und *quRK* der quer durchschnittene Blutlakunen- und Wassergefäß-Ringkanal, beide dem Kauapparat (dieser ist nicht mit gezeichnet) aufliegend. *St-K* Steinkanal. *L* das Respirationsorgan, der zu diesem führende und vom Blutlakunenring sich abzweigende Kanal ist mit *K* bezeichnet. Sphaerechinus granularis. A. oc. 3.

Fig. 3. Ansicht der Laterne von oben, sowie des Magendarmes *MD*, des Steinkanales *St-K*, der dorsalen Blutlakune *DBL*, der ventralen *VBL* und des Dünn- und Nebendarmes *ND*; *L* die Respirationsorgane in Zusammenhang mit dem Blut- und Wasserringgefäßen. Sphaerech. granular. Lupenvergrößerung.

Fig. 4. Längsschnitt durch ein Respirationsorgan. (*L* in Figur 2.) *Bl* Blutlakunen in der oberen Wandung. *WG* Hohlraum mit dem Lumen des Wassergefäßringes in Verbindung. Sphaerech. granul. D. oc. 2.

Fig. 5. Schnitt durch Dünndarm und Nebendarm eines jungen Echinus melo (Durchm. 8 mm). *BL* die ventrale Darmlakune.

Fig. 6. Querschnitt durch den Schlundanfang von Centrostephanus longispinus. *nf* ein Nervenzug im Darmepithel verlaufend; *dr* die schlauchförmigen Drüsenzellen. D. oc. 2.

Fig. 7. Querschnitt durch den Magen von Sphaerechin. granularis. *quN* quer getroffene Nervenzüge im Darmepithel. D. oc. 3.

Fig. 8. Isolierte Epithelzellen aus dem Dünndarm von Sphaerech. granular. F. oc. 3.

Fig. 9. Dünndarmepithel aus einem mit Speiseresten gefüllten Darm eines jungen Strongylocentrotus lividus. (?)

Fig. 10. Querschnitt durch Steinkanal und dorsale Blutlakune vor der Einmündung beider in die Ringgefäße auf dem Kauapparat. A. oc. 2.

Fig. 11. Schlundepithel von Arbacia pustulosa mit den Nervenfaserzügen *nf*.

Tafel 8.

Fig. 1. Schnitt durch das drüsige Organ von Sphaerechin. granular. *BL* die peripher liegenden Blutlakunen. *pz* Pigmentanhäufungen und Zellen. F. oc. 2.

Fig. 2. Dasselbe Organ von Arbacia pustulosa. F. oc. 2.

Fig. 3. Querschnitt durch dasselbe Organ von Arbac. pustulosa, schwache Vergrößerung. *St-K* Steinkanal.

Fig. 4. Ventrale Darmblutlakune, quer durchschnitten. Sphaerech. gran. D. oc. 2.

Fig. 5. Von einem Querschnitt durch den Magen von Centrosteph. longispin. *dr* Drüsenzellen. D. oc. 3.

Fig. 6. Magenepithel von Sphaerech. granul. Querschnitt. *quN* durchquerte Nervenzüge. *pg* Pigment. D. oc. 3.

Fig. 7. Zellen aus dem Schlundwulst von Centrosteph. longisp. Drittelalkohol. F. oc. 2.

Tafel 9.

Fig. 1. Vertikalschnitt durch ein Ambulacrum von Sphaerech. granul. *RN* quer durchschnitt. Ambulacral-Nervenstamm. *N* Nervenast, welcher zur Haut geht und weiter als Füßchennervenzug *FN* und peripherer Hautnerv *sHN* bezeichnet wird. *ep* Hautepithel. *F* Füßchenbasis. *Amp* Ampulle, *a* Kanal, welcher zum durchquerten Ambulacral-Wassergefäß zieht. *Sch*^{1} und *Sch*^{2} Schizocölraum. Sphaerech. granul.

Fig. 2. Querschnitt durch *a—b* in Figur 1.

Fig. 3. Schnitt durch eine Ampulle eines jungen Sph. granul.

Fig. 4. Glatte Muskelfasern aus der Wandung derselben, ebendaher. F. oc. 2.

Fig. 5. Längsschnitt durch ein Mundfüßchen von Sphaerech. gran. (sehr junges Tier). *rf* innerste Bindesubstanzlamelle aus ringf. verlauf. Fasern bestehend.

Fig. 6. Innerste Bindesubstanzlamelle, ebendaher. Isoliert in Drittelalkohol, gef. mit Pikrokarm. F. oc. 2.

Fig. 7. Tastfüßchen von Centrosteph. long. *kk* Kalkstücke. *pz* Pigmentzellen.

Fig. 8. Die Kalkkörper stärker vergröß., ebendaher.

Fig. 9. Oberfl. eines Mundfüßch. lebend. Centrosteph. longisp. D. oc. 3.

Fig. 10. Oberfl. des Saugfüßchens von der gleichen Art. D. oc. 3.

Fig. 11. Tastfüßchen-Basis von der gleichen Art. F. oc. 3.

Fig. 12. Sinneshügel eines Tastfüßchens von Centrosteph. longisp., vergl. Figur 7. *Np.*

Fig. 13. Verfilzte Bindesubstanzfasern aus einem Saugfüßchen von Arbacia pustulosa.

Tafel 10.

Fig. 1. Längsschnitt durch ein Saugfüßchen von Echinus acutus. *NP* Nervenpolster. *Kpl* Kalkrosette. A. oc. 3.

Fig. 2. Die linke Seite der Saugplatte stärker vergrößert. Echinus acutus, Saugfüßchen. Pikrokarmin.

Fig. 3. Tangentialschnitt durch ein Saugfüßchen von Arb. pustul.

Fig. 4. Längsschn. durch das Ende eines Saugfüßchens von Arbacia pustulosa. *M* = Membran mit den ringf. Fasern.

Fig. 5. Tangentialschnitt eines Saugfüßchens von Echinus acutus, junges Tier.

Fig. 6. Epithel vom Saugfüßch. Strongyl. livid. F. oc. 3.

Fig. 7. Ebendaher. F. oc. 3.

Fig. 8. Ebendaher. F. oc. 3.

Fig. 9. Epithelzellen (Stützzellen) von einem Ambulacralfüßchen. Sphaerech. gran. Drittelalkohol. F. oc. 3.

Fig. 10. Epithelstützzellen und Sinneszellen von einem Saugfüßchen von Echinus acutus.

Tafel 11.

Fig. 1. Vertikalschnitt durch die Madreporenplatte und den Anfangsteil des Steinkanales von einem jungen Echinus melo (Durchm. 1 cm). *Sch* Schizocöl-Ringsinus. *R* Ende der Drüse. D. oc. 3.

Fig. 2. Querschnitt durch den Steinkanal von Sphaerechinus granularis. ep^1 das Innenepithel; ep^2 die kubischen Zellen derselben; D. oc. 3.

Fig. 3. Vertikalschnitt durch die Aftergegend eines Sphaerech. granul. schematisch. Es sind auf dem Schnitt getroffen die Madreporenplatte mit dem Steinkanal, der After mit dem Rectum und der anale Blutlakunenring, welcher in der Wandung des analen Ringsinus gelegen ist und zweimal *ABR*, *ABR* durchquert ist. *Dr* die Drüse, zu welcher Lakunen vom Blutlakunenring ziehen.

Fig. 4. Ansicht eines pinselförmigen Füßchens aus der Umgebung des Mundes von einem jungen Spatang. purpur. Lupenvergrößerung.

Fig. 5. Vertikalschnitt durch ein solches pinself. Füßchen. *m* ringförmige Muskelfasern in der Platte; *N* der Nervenast; *Sch* Scheidewände im Hohlraum des Köpfchens.

Fig. 6. Kalkstab aus einem Endfühler des in Figur 8 abgebildeten Füßchens aus dem unpaaren Interradius von Spatang. purp. F. oc. 2.

Fig. 7. Längsschnitt durch das Ende eines Fühlers vom pinself. Füßchen, ebendaher. F. oc. 2. *esz* Epithelsinneszellen; *pz* Pigmentzellen; *h* starre Fortsätze einzelner Sinneszellen; *N* Ausbreitung des Nervenzuges; *bg* Bindesubstanz mit dem Kalkstab, ebendaher.

Fig. 8. Aus Figur 5 ein Teil des Köpfchens stärker vergrößert. *rm* die konzentrisch angeordneten ringf. Muskelfasern. *nf* Nervenfaserzug.

Fig. 9. Tastfüßchen aus dem unpaaren Interradius, ebendaher. Lupenvergrößerung.

Fig. 10. Querschnitt durch einen Stachel von der Umgebung des Mundes, Centrosteph. longisp. In 8 Längslinien sind die wimpernden Epithelzellen angeordnet. In der Tiefe derselben liegen Nervenfasern, bis zur Spitze des Stachels verlaufend. D. oc. 3.

Fig. 11. Dünndarm und Ursprung des Nebendarmes *ND*, von Echinocardium mediterraneum.

Fig. 12. Von einem Querschnitt durch den Dünndarm (zwischen Ursprung und Ende des Nebendarmes) von Bryssus unicolor. In der Bindesubstanzschicht Ablagerungen von Pigmentkörnern und geronnene Blutflüssigkeit. *S* Saum, Fußstücke der abgerissenen Wimpern der Innenepithelzellen.

Tafel 12.

Fig. 1. Innenansicht der Oberlippe mit dem Schlunde. Mit *WGR* ist der Wassergefäß-Ringkanal, mit *Sch* + *GR* der Nervenring, welcher im Blutlakunenring liegt, bezeichnet. *BL* die ventrale Darmlakune; *WG* das dieselbe begleitende Wassergefäß (beide Gebilde wurden von Koehler als „Steinkanal" beschrieben); *BL'* dorsale Darmlakune (Hoffmanns' *wg*. Verbindungskanal); Spatangus purpureus, natürliche Größe.

Fig. 2. Ober- und Unterlippe von außen gesehen, ebendaher, natürliche Größe, *a—b* deuten die Richtung an, in welcher der in Figur 3 abgebildete Schnitt geführt worden ist. Spatang. purpureus.

Fig. 3. Vertikalschnitt durch Ober- und Unterlippe. Der Blutlakunenring *BLR* ist zweimal quer durchschnitten; ebenso der Ringkanal *WGR;* der Anfangsteil des Schlundes ist mitgezeichnet, *Sph* Sphinkter, welcher die Mundöffnung verschließen kann.

Fig. 4. (I.) Querschnitt durch den Steinkanal *St-K* und den Endteil der Drüse *R*.

Fig. 5. (II.) Querschnitt durch den Steinkanal weiter entfernt von der Madreporenplatte. Die Drüse ist mit ihren gelben Pigmenten zu erkennen.

Fig. 6. (III.) Der Endteil der Drüse *R* geht in diese über. Der Steinkanal mündet in das Gefäßgeflecht ein, *St-K Mdg*. *GG* Gefäßgeflecht.

Fig. 7. (IV.) Teil der Drüse und des Gefäßgeflechtes, *GG* stark vergrößert wiedergegeben. I—IV von Spat. purp.

Fig. 8. Querschnitt durch das Gefäßgeflecht (aus der Gegend des Nebendarmes). *BL* ursprüngliche Blutlakune (ventrale) noch deutlich kenntlich. *KK*^{1} Kanäle zum Wassergefäß gehörend. Vergl. Text. Spat. purp.

Fig. 9. Querschnitt durch Darm-Blutlakune *BL* und Darm-Wassergefäß *WG* des Schlundes. *C* abgehobene Cuticula. *Nqu* quer durchschnittene Nervenzüge in der Bindesubstanzschicht verlaufend. Spat. purp.

Fig. 10. Längsschnitt aus dem Diverticulum von Bryssus unicolor. *dr* kolbenförmige Drüsenzellen. *blz* Blutzellen in der Blutflüssigkeit *blf*. *bg* Bindesubstanzschicht des Darmes; *rm* Ringsmuskeln.

Fig. 11. Der Dünndarm geöffnet, um die Klappe (Fig. 12) zu zeigen. Bryssus unicolor.

Tafel 13.

Fig. 1. Längsschnitt durch eine Sphäridie aus der Umgebung des Mundes von Spatang. purpur. *K* das ovale Kalkgebilde; *bg* Reste der Bindesubstanz, Fasern und Zellen, welche eine Art Gerüstwerk in dem Kalkkern bildete; *ep* Epithelschicht; *M* Längsmuskeln; *Rw* Ringwulst mit dem basalen Nervenring.

Fig. 2. Der Ringwulst mit dem Nervenring stärker vergrößert, ebendaher.

Fig. 3. Innenansicht des Scheitelpoles *St-K*+*R* Steinkanal und Endteil der Drüse *Dr.* N^1—N^5 die fünf Ambulacral-Nervenstämme; G^1—G^4 die vier Ausführgänge der Geschlechtsorgane. In der Mitte der pentagonale Schizocöl-Sinus. Nat. Größe. Echinocardium mediterraneum.

Fig. 4. Querschnitt durch den Schlund von Bryssus unicolor. *Ph* Pigmentanhäufungen. *Nqu* durchquerte Nervenzüge. D. oc. 4.

Fig. 5. Epithel im lebenden Zustand von einem analen rotierenden Stachel, Centrosteph. longispin. F. oc. 2.

Fig. 6. Längsschnitt durch einen solchen Stachel. *NR* durchquerter basaler Nervenring, ebendaher.

Fig. 7. Vertikalschnitt durch die Madreporenplatte und die Geschlechtspapille eines Echinocardium mediterraneum. *nf* die Hautnerven; *R* Endteil der Drüse; *blf* Blutflüssigkeit in der Wandung des pentagonalen Schizocöl-Sinus. A. oc. 4.

Fig. 8. Einer der folgenden Schnitte, der parallel zur Oberfläche der Haut verlaufende Steinkanal *St-K*; *R* der Endteil der Drüse im Zusammenhang mit den Blutlakunen der Wandung *H* des pentagonalen Schizocöl-Sinus

Fig. 9. Querschnitt durch die Drüse, das Gefäßgeflecht *GG* und den in dasselbe einmündenden Steinkanal von Bryssus unicolor.

Fig. 10. Ein Teil des vorigen Bildes stärker vergrößert, um das Epithel im Gefäßgeflecht zu zeigen. *L* Hohlraum desselben, *P* Pigmenthaufen.

Fig. 11. Von einem Längsschnitt parallel zu einem Interpyramidalmuskel durch die entkalkte Laterne von Sphaerech. granular. Rechts und links je ein Zahn. *Sch* der Schizocölraum, welcher den radialen Nervenstamm auf einer Fläche umgiebt.

Fig. 12. Bindesubstanz, entkalkt, von Spat. purp., um die zwischen je 2 Kalkplatten ausgespannten fasrigen Bündel zu zeigen.

Fig. 13. Längsschnitt durch den Nebendarm von Bryssus unicolor.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.

Fig 1

Fig 2

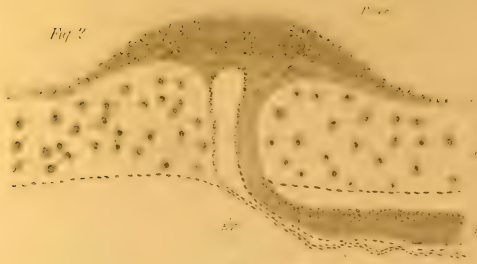


Fig 3

Fig 4

Fig 5

Fig 6

Fig 7

Fig 8

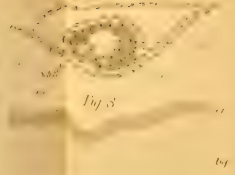
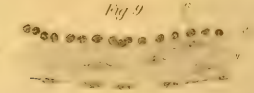


Fig 9



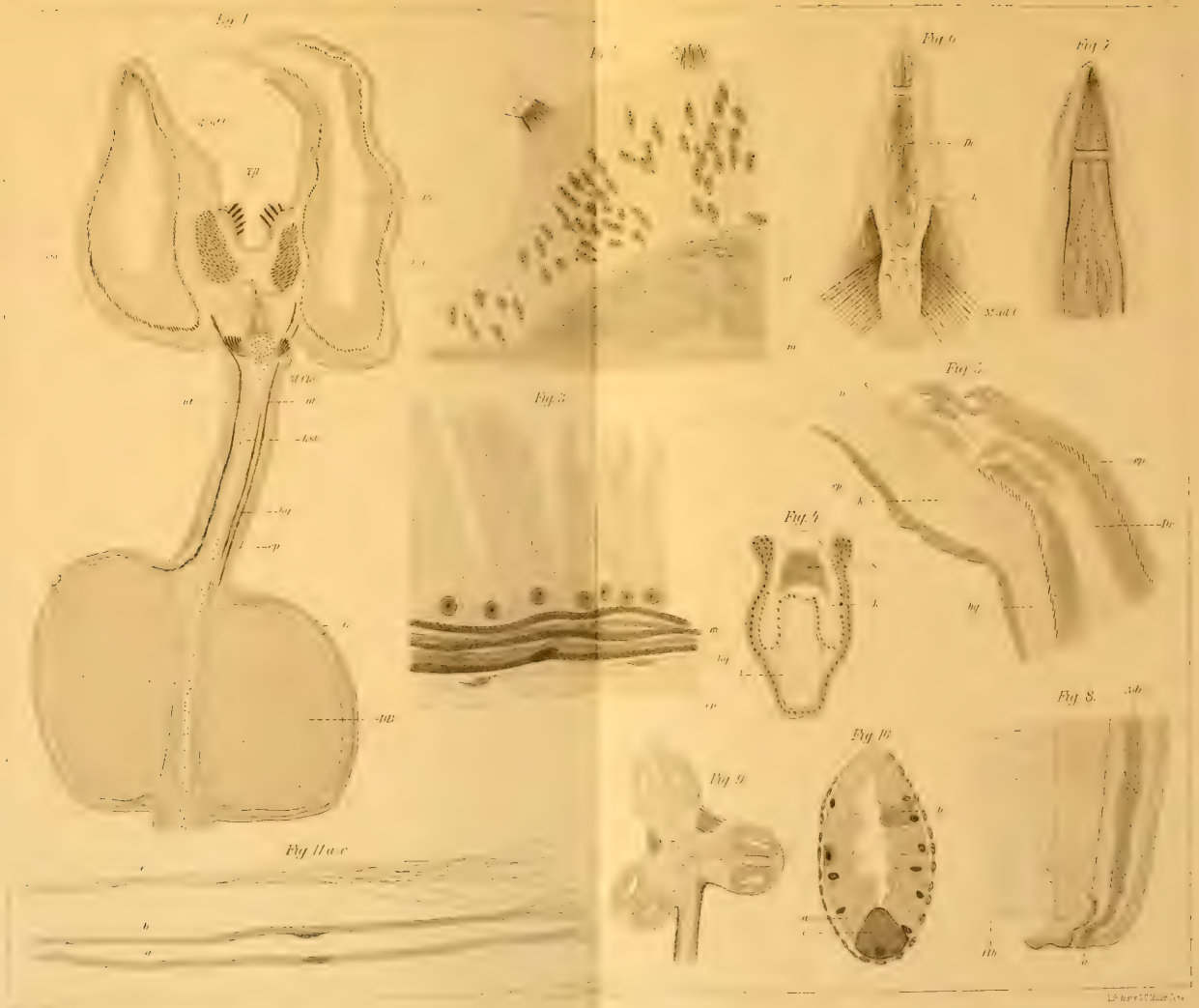
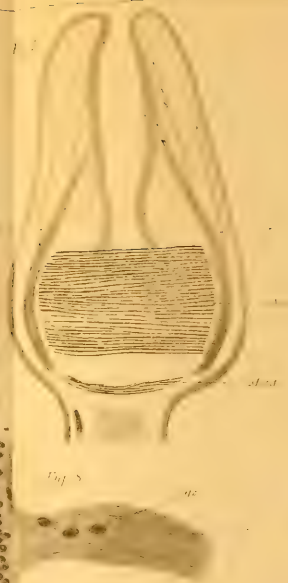
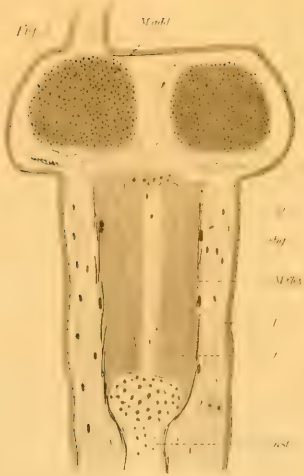
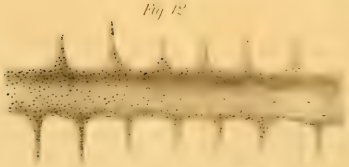


Fig. 1
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8.
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11 a c







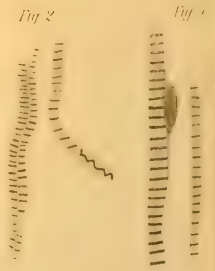


Fig 5

Fig 1

Fig 2

Fig 8

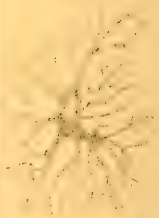
3

Fig 9

Fig 6

Fig 12

Fig 18



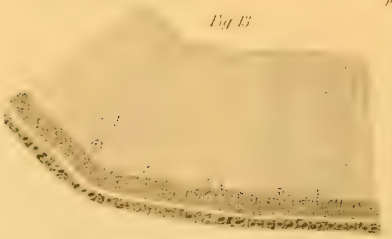


Fig 13

Fig 11

Fig 10

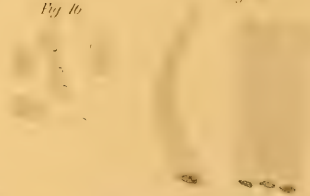


Fig 16

Fig 17

Fig 15

Fig. 1.

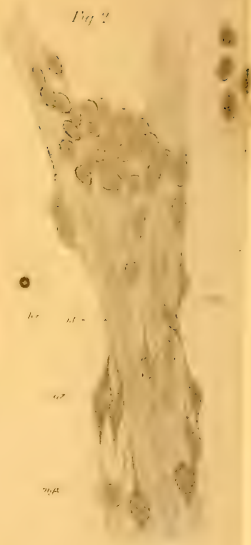


Fig. 2.

Fig. 3.

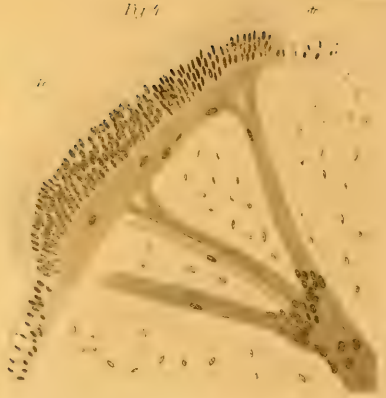


Fig. 4.

Fig. 11.

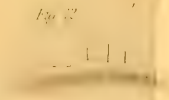


Fig. 12.

Fig. 7.

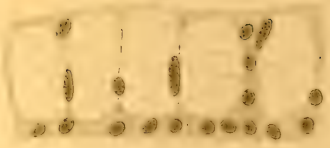


Fig. 5.

Fig. 6.

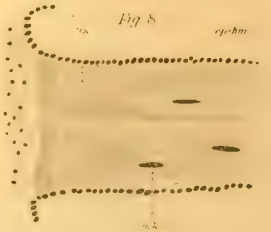


Fig. 8.
epchm
mf
mf

Fig. 9.

Fig. 10.

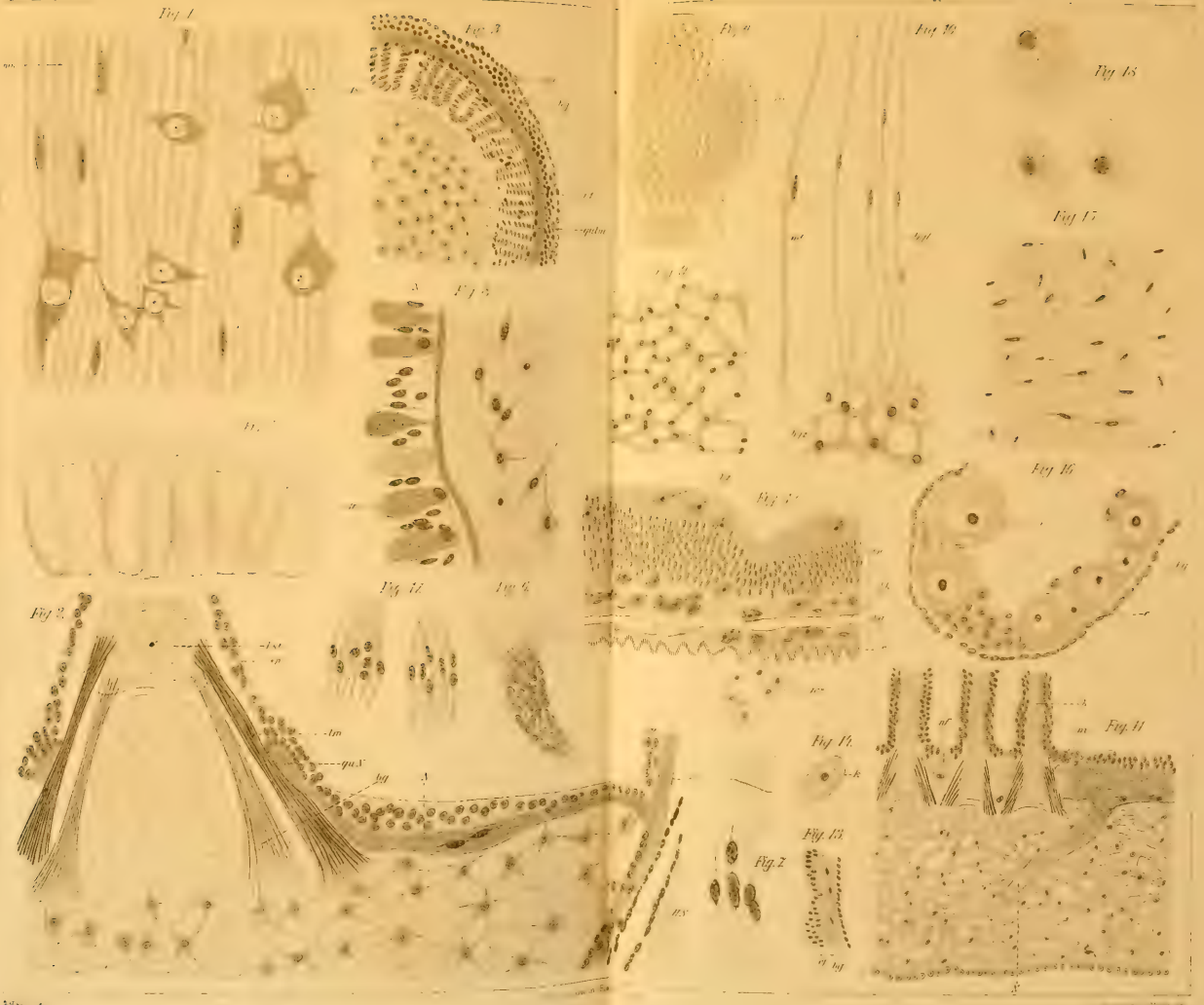
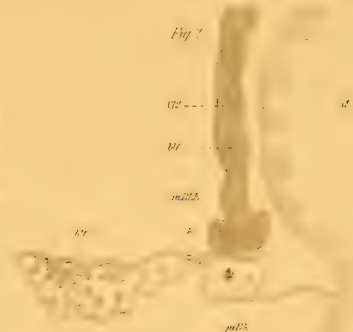
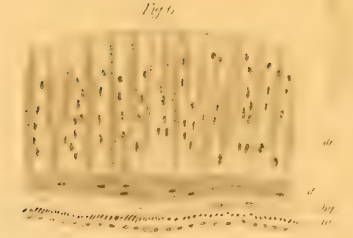
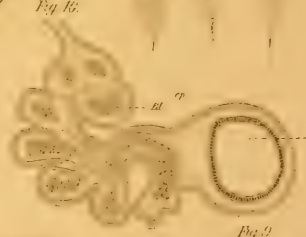
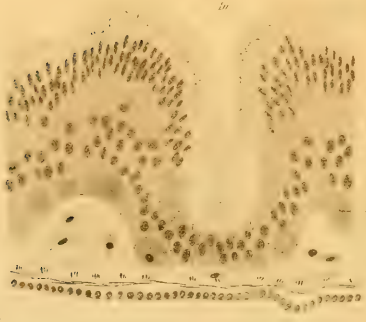


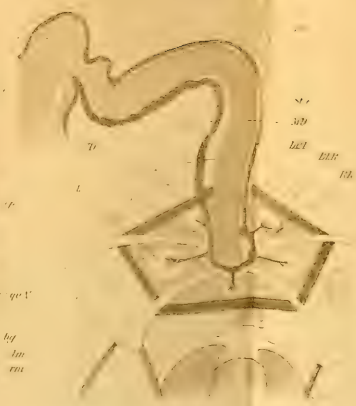
Fig. 1
Fig. 3
Fig. 5
Fig. 8
Fig. 10
Fig. 18
Fig. 17
Fig. 16
Fig. 12
Fig. 11
Fig. 6
Fig. 2
Fig. 14
Fig. 13
Fig. 7
Fig. 4











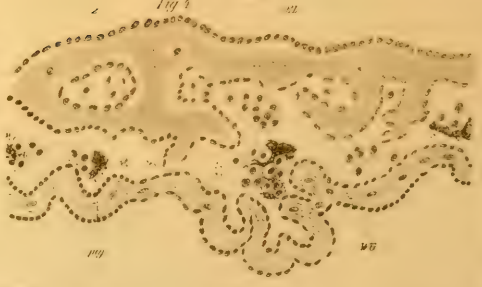


Fig. 1

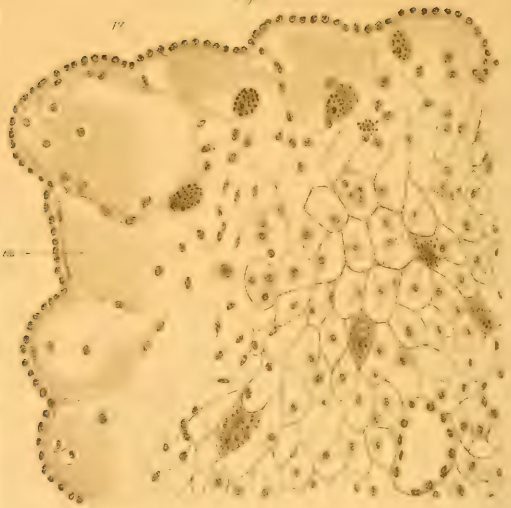


Fig. 2

Fig. 4

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 3

Lith. Anst. v. J. Müller, Jena

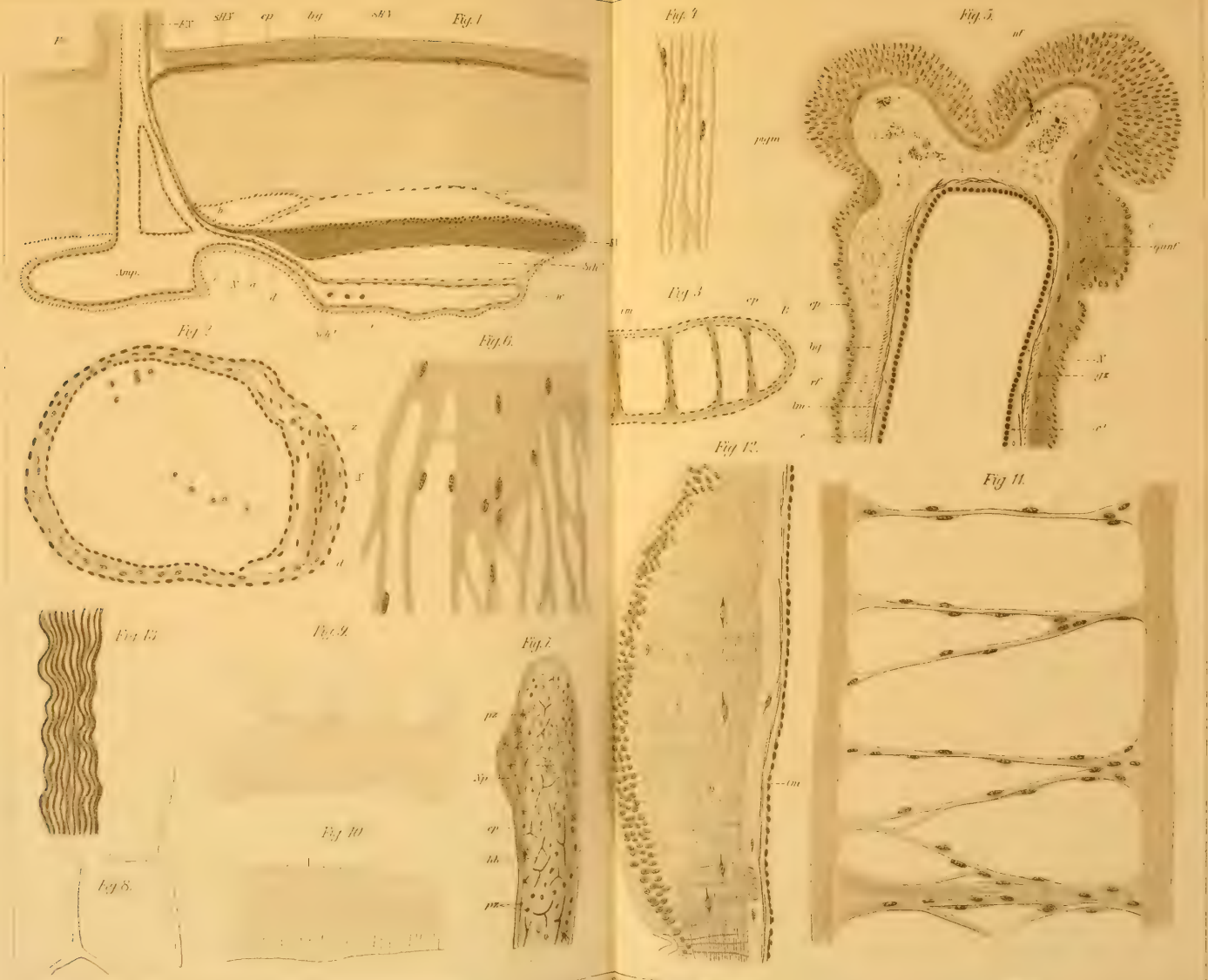
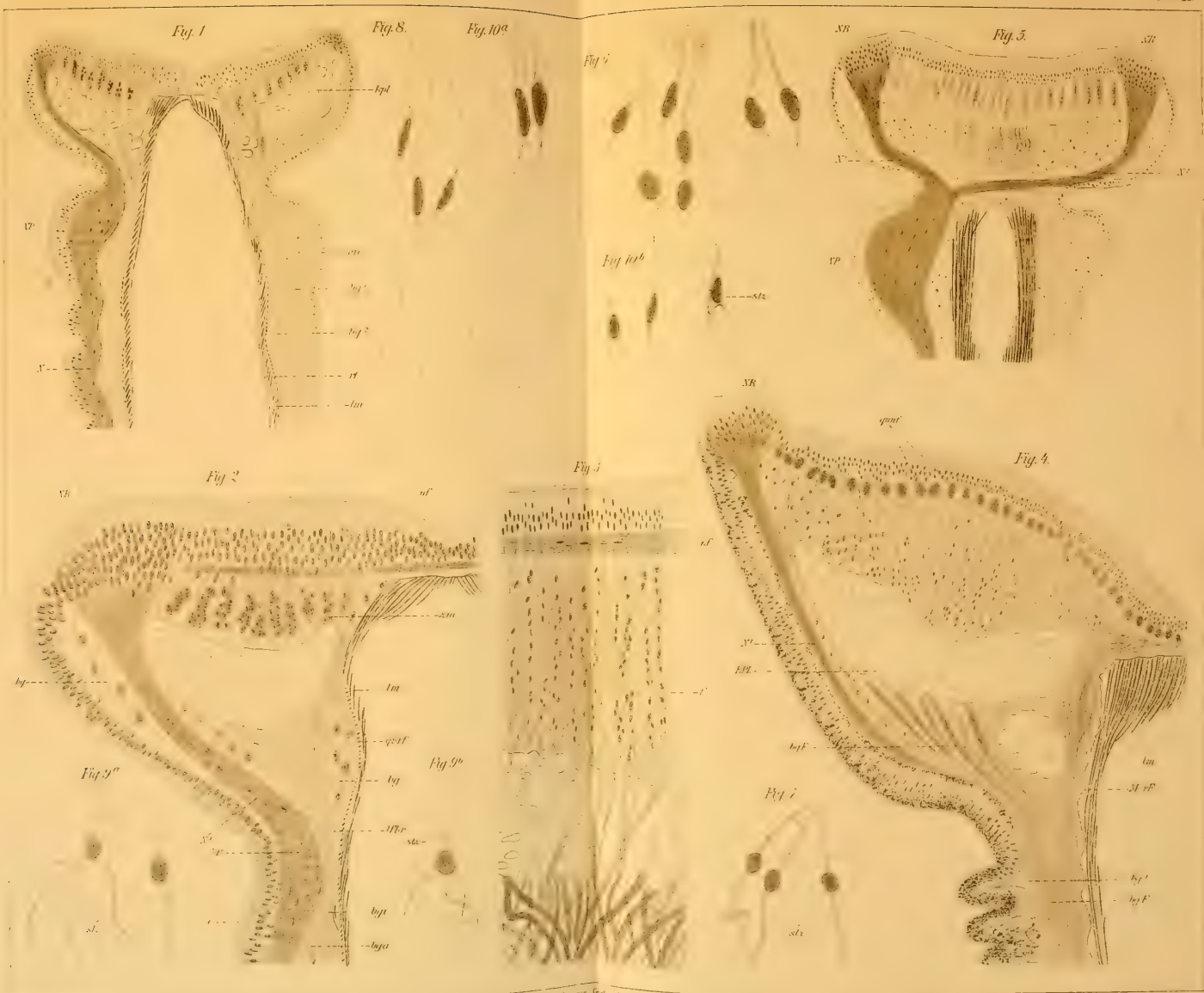


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Amp.
Sch.
pz
Xp
ep
bg
rf
lm
gz
qunf
nf
pigm



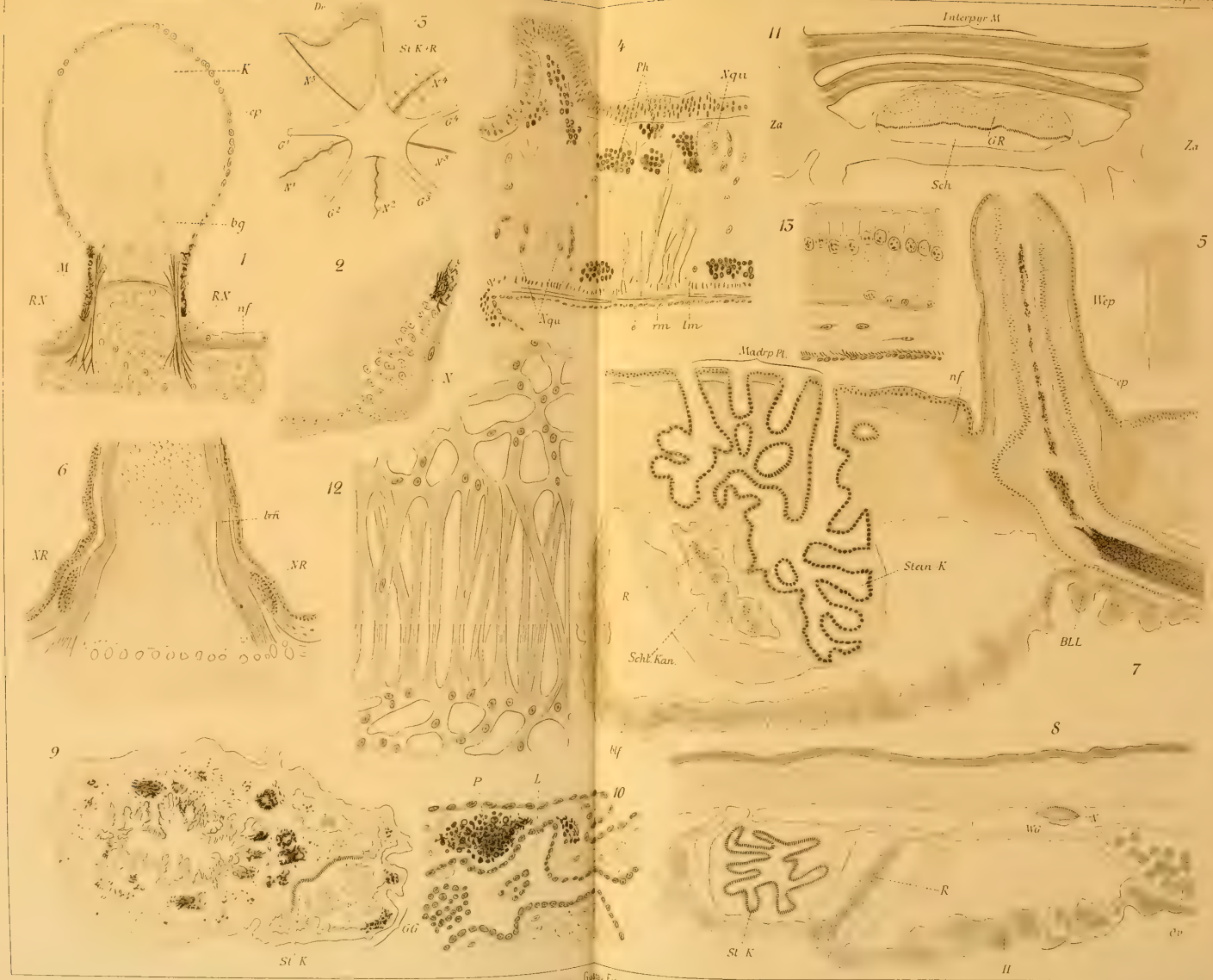
Verlag von Gustav Fischer in Jena

Hartmann del.

Verl. v. G. Fischer i. Jena

Lith. Anst. v. A. Giltsch Jena.

Unt Lippe
St K Mdg
Sch
R
GG
St K
Wck
GR
BLR
St K Mdg
Drüse



Hamann de
Gustav Fischer
Lith Anst v A. Giltsch, Jena

10916

G.E.STECHERT
& Co.
NEW YORK